

POLICÍA NACIONAL
INSTITUTO SUPERIOR DE EDUCACIÓN POLICIAL
INSTITUTO DE CRIMINALÍSTICA



PROTOCOLO DE TESINA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
LICENCIADO EN CRIMINALÍSTICA

TEMA

**IMPORTANCIA DE LA UTILIZACIÓN DE PROGRAMAS
INFORMÁTICOS EN LA INVESTIGACION DE ACCIDENTES DE
TRÁNSITO.**

TÍTULO

**UTILIZACIÓN DE PROGRAMAS INFORMÁTICOS EN LA
INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO, POR PERITOS DE
LA SECCIÓN ACCIDENTOLOGÍA, ÁREA METROPOLITANA AÑO
2011.**

TUTOR DE CONTENIDO: OFIC. INSP: LIC. WALTER SANCHEZ

AUTOR: OFIC 2DO: OSVALDO MARECO

Luque – Paraguay

Año 2.011

FICHA CATALOGRÁFICA

Mareco Mena, Osvaldo

Importancia de la Utilización de Programas Informáticos en la Investigación de Accidentes de Tránsito.

Páginas: 96

Tesina Para Optar al Título de Licenciado en Criminalística, presentada en el Instituto Superior de Criminalística de Luque – Paraguay.

Área de Estudio: Criminalística

Tutor de contenido: Ofic. Insp. O.S: WALTER SANCHEZ

Palabra clave: Accidente de Tránsito

POLICÍA NACIONAL

Instituto Superior de Educación Policial

Instituto de Criminalística

MESA EXAMINADORA

FIRMAS

1.....
2.....
3.....

Tutor: OFIC. INSP: LIC. WALTER SANCHEZ

EVALUACION ESCRITA		DEFENSA ORAL	
N°	LETRA	N°	LETRA

RESULTADO FINAL	
N°	LETRA

Luque,.....de..... de 2011

ACTO QUE DEDICO A

DIOS

El Ingeniero más grande del universo, por haberme permitido culminar mis estudios.

MIS PADRES

José del Rosario Mareco Mareco. Irene Mena de Mareco (+), a quienes debo todo lo que soy, que éste triunfo sea una recompensa a sus esfuerzos y en especial a mi madre que desde el cielo estuvo guiándome.

A MI GRAN AMOR

Gloria Elizabeth Arzamendia, por los 8 años de comprensión y aguante, y por todo su apoyo incondicional durante el tiempo que duró mi carrera.

MIS HERMANOS

Isidro, Fermina, Elba, Virginia, Ignacia, Julia, Gervasio (+), por el apoyo fraternal que me han dado siempre.

MIS HIJOS

Elianna Magali y Osvaldo Sebastián, que éste sea su ejemplo.

MIS COMPAÑEROS DE CRIMINALÍSTICA:

Por compartir esta experiencia y ser mis aliados.

AGRADECIMIENTOS A

A la Policía Nacional

Por haberme permitido ser miembro de esta institución tan noble que tiene como misión la del servir a la sociedad.

Al Instituto Superior de Criminalística

Por formarme como profesional.

A Mi tutor de contenido y Amigo

Ofic. Isp. O.S: Lic. Walter Sánchez por el apoyo brindado para poder elaborar esta tesis.

Mis Camaradas y Amigos

Ramona Fleitas, Renato Mequer, David Delgado, Claudia Báez, Hugo Martínez, Gabriel Quintana y Angélica Mena, por compartir la vida de estudiantes y ser incondicionales.

A mi Asesora de tesina

Lic. Luisa Martinetti por su apoyo y ayuda incondicional.

A mi Profesora de Metodología

Lic. María Estela Cárdenas por su apoyo y ayuda incondicional.

RESUMEN

Se pudo demostrar la factibilidad de la implementación como herramienta de trabajo los programas informáticos en la investigación de accidentes de tránsito, para pasar de los métodos tradicionales para cálculo de velocidad al método informatizado.

Se encuestó a los peritos accidentólogos para conocer el interés que tienen sobre los programas informáticos y a la vez se pudo comprobar que en la sección accidentología no se cuenta con esta herramienta auxiliar para la investigación de los accidentes de tránsito.

Se realizó demostraciones y comparaciones entre los resultados arrojados por los programas informáticos y con las obtenidas de forma manual utilizando diferentes tipos de fórmulas dependiendo del tipo de accidente investigado de los casos tomados de la sección accidentología utilizando tres software de cálculo de velocidad: estos son Velocalc, Calc Zone y Recforms 6.04,.

Con este trabajo se pretende despertar el interés de los peritos accidentólogos a pasar del método tradicional de calcular la velocidad de los vehículos involucrados en un accidente de tránsito a un método informatizado.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: EL PROBLEMA	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2.1 Pregunta Genérica	3
1.2.2 Preguntas Específicas	3
1.3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. MARCO REFERENCIAL	6
2.1.1 Accidentología	6
2.1.2 Accidente de Tránsito	8
2.1.3 Aplicaciones Informáticas en la Investigación de Accidentes de Tráfico	38
2.2. MARCO LEGAL	53
2.2.1 Constitución Nacional	53
2.2.2 Código Procesal Penal	53
2.2.3 Código Penal Paraguayo	54
2.2.4 Ley 222 Orgánica de la Policía Nacional	55
2.2.5 Ordenanza N° 479/10 “Reglamento General de Tránsito de la Ciudad de Asunción”	55
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	57
3.1 Enfoque Metodológico	57
3.2 Área de Estudio	57
3.3 Delimitación Temporal	57
3.4 Población y Muestra	57
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	58
CAPITULO IV: MARCO ANALÍTICO	59
4.1. Procesamiento	59
4.2. Análisis e Instrumentos de Recolección de Datos	60

4.3. Estudios de accidentes de tránsito y comparación de resultados de acuerdo con tipo de accidente investigado _____	66
CONCLUSIONES _____	83
RECOMENDACIONES _____	85
GLOSARIO _____	87
BIBLIOGRAFÍA _____	91
ANEXO _____	922

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

01. Tribología del accidente de tránsito	9
02. Fuerzas a que puede estar sometido el neumático	24
03. Fuerzas de fricción laterales, estarán regidas por el peso del vehículo y el $\text{sen } \alpha$	26
04. Esquema de la trayectoria del centro de gravedad G del peatón en el modelo de Searle denominado “caída, rebote y deslizamiento”	30
05. Diagramación de la posición final de los vehículos que colisionan en forma perpendicular	36
06. Rotación de un vehículo después de recibir el impacto	49
07. Porcentaje sobre el conocimiento que tienen los peritos sobre la existencia de programas informáticos para cálculo de velocidad en investigación de accidentes de tránsito	60
08. Porcentaje de los que tienen los peritos accidentólogos obstáculos para poder utilizar los programas informáticos	61
09. expectativas en relación a la utilización de los programas informáticos para cálculo de velocidad en la sección accidentología vial de la Policía Nacional	62
10. Respuestas de los peritos sobre el uso de programas informáticos para cálculo de velocidad en accidentología vial para elaborar algún informe pericial accidentológico	62
11. Respuestas de si se lograría a implementar como herramienta auxiliar en la investigación de accidente de tránsito terrestre	63
12. Tiene conocimiento de que estos programas informáticos traen consigo base de datos y especificaciones técnicas de casi todas las marcas y modelos de vehículos existentes en el mercado	63
13. Usted cree que tendría diferencias los resultados de velocidad arrojados por estos programas informáticos en comparación con los cálculos manuales	64
14. ¿A su parecer sería factible la utilización de programas informáticos para la investigación de accidentes de tránsito terrestre en la Sección Accidentología Vial de la Policía Nacional	65

15. Forma de medir el ángulo de lanzamiento de un peatón desde el plano horizontal del vehículo _____	68
16. Resultado del cálculo de velocidad de impacto del Peatón_____	71
17. Resultado del cálculo de velocidad de impacto del Peatón utilizado el Ángulo de salida_____	72
18. Resultado de cálculo de adherencia arrojado por el programa Velocalc 2.0_____	74
19. Datos ingresados en el programa Velocalc 2.0 para procesar resultado de las velocidades de los vehículos_____	75
20. Resultado de cálculo de adherencia arrojado por el programa Recforms 6.04 _____	79
21. Datos que se cargó y la fórmula que utiliza el software Recforms 6.04 _____	79
22. Resultado arrojado por el software Recforms 6,04 en km/ y m/s_____	80

Tablas

I. Adherencia en diferentes tipos de superficie_____	28
II. Diferentes valores de μ , adherencia y el ángulo crítico de proyección_____	32
III. Cálculo modelo en el cual la incertidumbre reside en la masa del vehículo_____	46
IV. Ejemplo de análisis de accidente de tránsito con base en la planilla de cálculos, donde son calculadas las velocidades directamente por el software Velocalc _____	47
V. Variables utilizados por el programa Calc Zone traducido al español_____	70
VI. Valores de entrada en el programa Calc Zone_____	70
VII. Resultados arrojados por el programa Calc Zone_____	70
VIII. Resultado arrojado por software Recforms6.04 de la distancia necesaria para que el vehículo que circula a 134 km/h se detenga _____	81
IX. Resultado arrojado por el programa Recforms 6.04 del tiempo de percepción y reacción _____	76
X. Resultado arrojado por el programa Recforms 6.04 del tiempo y distancia necesario para la detención total del vehículo_____	76

INTRODUCCIÓN

En el marco de la investigación de un siniestro vial, la tarea de la reconstrucción del accidente constituye el eje central de la tarea pericial, y dentro de ella los cálculos tendientes a verificar la velocidad de circulación obliga, necesariamente a todo perito a realizar un recorte metodológico del fenómeno a estudiar bajo los fundamentos de la física, que le permita verificar los valores más probables de velocidad. La implementación como herramienta de trabajo de los programas informáticos en la investigación de accidentes de tránsito constituye un paradigma para muchos peritos, esto es debido a que algunos conocen de la existencia de estos en el mercado y otros no.

Surge entonces la necesidad de pasar del método tradicional de calcular la velocidad del o los vehículos involucrados en el accidente de tránsito a métodos informatizados, y por tanto la sociedad de hoy debe adecuarse a la era de la informática, es así que surge la necesidad de que los peritos en Accidentología Vial, utilicen programas para cálculos de velocidad y así agilizar la entrega de sus informes periciales a aquellos que lo soliciten.

Esta investigación surgió debido a que en nuestro país no se utilizan los programas informáticos para la investigación de accidentes de tránsito por los peritos accidentólogos. Se pretende demostrar con este trabajo la facilidad en el manejo de estas herramientas, la de su factibilidad y la utilidad de la misma, pues; ya trae consigo bases de datos y especificaciones técnicas de casi todas las marcas y modelos de vehículos existentes en el mercado. Sería de gran aporte para la Criminalística en el Paraguay la implementación de estos programas.

Los métodos tradicionales para cálculo de velocidad, basados en las huellas de frenada, se centran en las consideraciones propias de la mecánica y la física, el cual conlleva una serie de consideraciones que el perito debe realizar para su utilización, por lo tanto no se va a dejar de lado el trabajo de campo, donde se recolectan los datos a ser cargados a los software que realizaran el proceso de cálculo automático de la velocidad.

CAPITULO I: EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La implementación como herramienta de trabajo de los programas informáticos en la investigación de accidentes de tránsito constituye una dificultad para muchos peritos. En ello, entra a tallar el alto costo que implicaría adquirir estos programas, al que también se suma la necesidad de capacitación constante para el manejo de los mismos por parte de los peritos de la Policía Nacional.

Debido al poco conocimiento que posee el investigador sobre la utilización de los programas informáticos, pues el perito accidentólogo encuentra obstáculos en la diligencia de su trabajo cuando interviene en números, como que requiere su intervención pericial y el tiempo que insume la investigación, análisis y elaboración de un dictamen es muy amplio y disminuye el resultado eficiente de la producción.

Surge entonces la necesidad de pasar del método tradicional de calcular la velocidad del o los vehículos involucrados en accidentes de tránsito a métodos informatizados, ya que la sociedad de hoy debe adecuarse a los avances tecnológicos, es así que surge la necesidad de que los peritos en accidentología Vial, utilicen programas para cálculos de velocidad y así poder agilizar la entrega de sus informes periciales a aquellos que lo soliciten.

1.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.2.1 Pregunta Genérica

¿Cuál es la importancia de la utilización de programas informáticos en la investigación de accidentes de tránsito para la sección de Accidentología Vial de la Policía Nacional?

1.2.2 Preguntas Específicas

1 ¿Qué tipos de programas son utilizados por los peritos en accidentología de la Policía Nacional como herramienta auxiliar en la investigación de un hecho de accidente de tránsito?

2- ¿Es factible la utilización de programas informáticos para la investigación de accidentes de tránsito por parte de los peritos de la sección Accidentología Vial?

3- ¿Que obstáculos o impedimentos tienen los peritos accidentólogos de la sección Accidentología Vial de la Policía Nacional para la utilización de los programas informáticos?

4- ¿Cuál es la utilidad de la aplicación de los programas informáticos en la elaboración de los informes?

1.3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo General

Demostrar la importancia de la utilización de programas informáticos en la Sección de Accidentología vial de la Policía Nacional para la investigación de accidentes de tránsito.

1.3.2 Objetivos Específicos

- 1- Conocer los tipos de programas informáticos que son utilizados por los peritos en accidentología de la Policía Nacional como herramienta auxiliar en la investigación de un hecho de accidente de tránsito.
- 2- Establecer la factibilidad de la utilización de programas informáticos por los peritos de la sección Accidentología Vial de la Policía Nacional para la investigación de accidentes de tránsito.
- 3- Identificar los obstáculos o impedimentos que tiene el perito accidentólogo para el uso de los programas informáticos.
- 4- Establecer la utilidad de la aplicación de los programas informáticos para la elaboración de los informes periciales accidentológicos.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación surgió debido a que en el Paraguay no se aplican programas informáticos para la investigación de hechos que competen a la investigación técnica científica de los accidentes de tránsito por parte de los profesionales del área.

En cuanto a las limitaciones, se puede mencionar el alto costo de los programas informáticos para realizar la práctica y el estudio de los mismos.

Es una investigación que surgió por parte del investigador al considerar un producto innovador, ya que en Paraguay es un campo virgen de aplicación, la implementación del sistema informático sería de gran utilidad y avance en los métodos de investigación en la sección Accidentología Vial de la Policial Nacional.

Es de gran aporte para la investigación de accidentes de tránsito la aplicación de recursos informáticos a fin de ampliar y mejorar la gestión técnica científica de los peritos en Accidentología Vial.

La realización de esta investigación fue viable porque se contó con programas informáticos, que podrán aplicarse a todos los hechos ocurridos en el tránsito terrestre.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. MARCO REFERENCIAL

2.1.1 Accidentología

2.1.1.1 Accidentología. Definición

Disciplina de las ciencias criminalísticas, que aplica los conocimientos y ciencias forenses, a fin de descubrir las circunstancias en que se desarrollan un hecho de accidente de tránsito, en una vía de uso público, las causas que interfirieron y la consecuencia del mismo. La accidentología vial, utiliza las ciencias de la física, la ingeniería del tránsito, y la mecánica¹

2.1.1.2 Etimología

La palabra: “Accidentología” es un neologismo producto del desarrollo de las ciencias y técnicas del mundo actual, como tantos otros, observaremos que comprende en realidad dos términos: “ACCIDENTE Y LOGÍA”. El primero derivado del latín: AD-CADO. “AD”, es una preposición que podemos traducir por “A”, “AL”, “HACIA”, “CERCA DE”, “JUNTO A”; “CADO”, etc. El segundo, sustantivo: “CAIDA”, derivado del verbo “cadere”, es decir caer. Traduciendo directamente del Latín: “A LA CAIDA”, “AL CAER”, “HACIA LA CAIDA”, “JUNTO A LA CAIDA”, etc. Si acudimos al diccionario de la lengua castellana, veremos qué accidente, significa un suceso imprevisto, una indisposición, una modificación en una estructura, un suceso eventual inesperado y generalmente desagradable como puede ser una caída. Pero también significa una irregularidad, una desigualdad, una alteración, lo que modifica una cosa momentáneamente, todo ello a su vez derivado del latín “ACCIDENS”, con el significado de “Lo que Ocurre” o “Que Ocurre”. En cuanto a Logía, proviene del

¹ Flores Estrada Ingrid Marisol Ing. Industrial., Determinación de la Responsabilidad en un Accidente Automovilístico, por Medio de Principios Físicos. Guatemala año (2008).

Griego LOGIKEE/LOOS, que significa palabra, razón raciocinio, lenguaje, principio de las ideas, estudio, tratado, tratamiento y discurso. En consecuencia ACCIDENTOLOGÍA, es el estudio y tratamiento de los accidentes, de todos los accidentes y de todo tipo, efectuado en forma integral.²

2.1.1.3 Breve Reseña Histórica de la Accidentología

Algunos antecedentes se remontan a 1924 cuando los Estados Unidos, se inicia una gran campaña denominada “Pro Seguridad en Carreteras”. Producto de esta campaña surgieron unas series de recomendaciones referidas a esta estadística, educación vial, relaciones públicas y control de tránsito. Se partía del punto en que los caminos, las leyes y los automóviles eran entes inanimados, no podían por sí mismos, ni dar ni quitar vidas, hacia estos puntos fueron dirigidos y orientados los esfuerzos de educar a conductores y peatones para mayor seguridad.

En la década de los 30 las estadísticas de mortandad por accidentes automovilísticos hizo que el consejo nacional de seguridad de EEUU pidiera ayuda económica para atender, proyectos de prevención de accidentes de tránsito y en el año 1936 la Asociación de fabricantes de automóviles aportó U\$S 450.000.

Esta nueva técnica fue denominada como “Accidentología” a mediados de 1940 en el senado de los EEUU, donde se pronunció por primera vez dicha palabra y más tarde en una reunión de profesionales americanos y europeos en 1947 desde Holanda se daba a conocer al mundo.³

² Aparicio, F.; Fernández, J.; García, A. “Investigación de Accidentes de Tráfico: El vehículo. Factores relacionados con la seguridad”. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid, España, (1998).

³ Shigley, Je; Michke, Charles R. Mechanical Engineering Design, 9 ed.; Mc- Graw- Hill Book Company, New York. U.S.A (1989). (Traducción hecha del inglés al español por el investigador en la página web de <http://translate.google.com/?hl=es>”).

2.1.2 Accidente de Tránsito

2.1.2.1 Accidente de Tránsito. Definición

Un accidente de tránsito es un suceso (o encadenamiento de sucesos) inesperado, impremeditado e indeseado, generalmente de consecuencias desagradables: lesiones a personas y/o daños a cosas.

En el accidente de tránsito, habitualmente el suceso es la coincidencia temporo-espacial de dos objetos y/o cuerpos.

Definido de esta manera, un accidente es una situación dinámica que implica un encadenamiento de circunstancias y sucesos que culminan en él.

Este encadenamiento no significa que esté predeterminada la ocurrencia inexorable del accidente, aunque sí la repetición idéntica de todas las circunstancias y procesos producirá idénticos resultados.

Este razonamiento parece condenarnos a buscar las causas del accidente en el principio de los tiempos, lo cual afortunadamente es un sofisma, ya que la variación de alguna de las circunstancias o sucesos aludidos, en un entorno de inmediatez del accidente, lo habría modificado, e inclusive podría haberlo evitado.

Ello así, a los efectos de la reconstrucción o del análisis del accidente, solo es necesario estudiar un intervalo temporo-espacial acotado en el entorno del mismo.

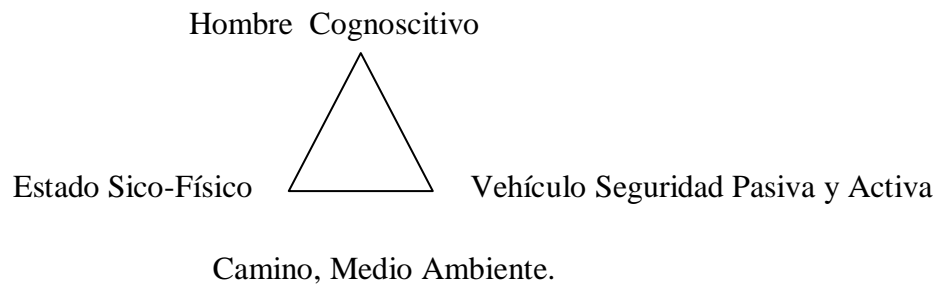
Entre los elementos de las definiciones, presente en todas ellas, cobra mayor importancia la falta de intencionalidad o de voluntad para que el hecho se produzca, lo que no es otra cosa que la ausencia de dolo o malicia pero con la presencia indiscutible de un hecho lícito, de un grado de culpabilidad inferior cuya presencia es necesaria para que el evento se reporte como el Accidente de Tránsito.⁴

⁴ Irureta V. Accidentología Vial y Pericia. Ed. La Roca. Bs. As Argentina año (1996).

2.1.2.2 Trilogía del Accidente de Tránsito

El accidente de tránsito no es un hecho fortuito, o sea que tiene un alto grado de previsibilidad, por ser en un 90% responsable el hombre, 7% corresponden al vehículo, 2% al camino, casos especiales, o fortuitos 1%.⁵

Figura N° 1. Tribología del accidente de tránsito. (Factores que intervienen).



Fuente. Irureta V. Accidentología Vial y Pericia. Ed. La Roca. Bs. As Argentina año (1996).

Cada uno de estos factores tiene responsabilidad en los accidentes de tránsito, pero la mayor responsabilidad recae en el factor humano. Esto no significa que las personas sean las únicas responsables de los problemas de tránsito; las rutas, el clima y los vehículos también tienen su parte en esta problemática. Dentro de este esquema, se considera **factor humano** a la persona: como **peatón, pasajero, ciclista o conductor**, y es necesario evaluar su comportamiento en la vía pública, así como las condiciones psicofísicas y técnicas que hacen apto al conductor. También interviene el factor vehículo, ya sea por fallas mecánicas por falta de mantenimiento adecuado o por no sustituir una pieza ya averiada.

Se advierte que la implicación de los conductores en siniestros viales proviene, muchas veces, de causas como la falta de experiencia del conductor de vehículos, de la exposición innecesaria a riesgos, el consumo de alcohol o drogas, falencias en la percepción, inexperiencia para identificar y manejar situaciones peligrosas, la personalidad, influencias internas y externas, exceso de velocidad y los factores actitudinales como la propensión a la toma de decisiones inadecuadas.

⁵ Flores Estrada Ingrid Marisol Ing. Industrial., Determinación de la Responsabilidad en un Accidente Automovilístico, por Medio de Principios Físicos. Guatemala año (2008).

2.1.2.3 Clasificaciones de Accidentes de Tránsito

Existen varias formas de clasificar los accidentes y definir los distintos tipos que las clasificaciones contienen.

Según su Resultado: 1) Fatales; 2) Con Lesiones (Leves, Graves y Gravísimas), 3) Daños a la propiedad.

Según su Forma de Producción: Peatón, ciclista, Motociclista, animal, objeto fijo, tren, vehículo de tracción a sangre, vehículo estacionado, vehículo en marcha.

Según el Número de Protagonistas:

Accidente Simple: (un solo vehículo): Despiste, Tonel o vuelco de costado, Vuelco Longitudinal o vuelta de campana. Incendio, Choque o colisión, raspado o roce. Combinación de dos o más supuestos enumerados.

Accidente Múltiple: Entre un vehículo o un peatón, Atropello Volteo, Proyección, Aplastamiento, arrastramiento, Combinación de Varios Supuestos, Entre dos vehículos, Colisión Frontal, Alcance, Colisión Lateral o embestida, Raspado o Roce, colisión mixta.⁶

2.1.2.4 Tiempo de Percepción y Reacción

Una cuestión esencial en el análisis del accidente es la determinación del tiempo que insumió cada etapa del mismo y su comparación con los tiempos estándares o normales, del modo de comprobar si existieron demoras debidas a los protagonistas.

Definimos al lapso que le insumen a un conductor percibir y responder a una situación determinada, como tiempo de percepción y reacción (TPR). El TPR está formado por dos tiempos consecuencias: el que insume la percepción o

⁶ Flores Estrada Ingrid Marisol Ing. Industrial., Determinación de la Responsabilidad en un Accidente Automovilístico, por Medio de Principios Físicos. Guatemala año (2008).

tiempo de percepción (TP) y el lapso que insumen la reacción o tiempo de reacción (TR).

Componentes del TPR. Desde la aparición del estímulo hasta la respuesta del conductor transcurre una serie de etapas en el procesamiento de la información por parte de este, que es útil considerar.

Primera Etapa: Detección (TP). Su inicio coincide con el del TPR, y así se considera cuando el objeto o situación de riesgo entra en el campo de percepción (generalmente campo visual) del sujeto, y finaliza cuando esta última toma conciencia de que algo se ha presentado.

Ese algo puede ser algún tiempo en el campo de percepción antes de ser detectado, lo que origina una demora en la percepción.

La duración de la detección por una serie de factores, algunos inherentes al sujeto, como sus capacidades sensoriales, otros al objeto de la detección por ejemplo su conspicuidad, presentándose asimismo los circunstanciales, como el grado de atención del conductor.

Esta primera etapa finaliza cuando el conductor mueve sus ojos de modo de focalizar en la zona central de sus retinas aquello que ha detectado.

Su duración media es del orden de 0,3 seg., y su finalización determina el fin del tiempo de percepción y el inicio del tiempo de reacción.

Segunda Etapa: Identificación. Consiste en el inicio del tiempo de reacción en este paso el sujeto obtiene suficiente información sobre el riesgo detectado como para poder hacer una evaluación del mismo.

No es necesario que la información sea completa sobre el objeto riesgoso, pero si adecuada. Por ejemplo, resulta superfluo saber si un peatón que se presta a iniciar el cruce de la calle por donde se circula, es hombre o mujer, pero si es necesaria la estimación de sus velocidades y trayectoria probables, pero para poder optar por algún curso de acción.

Esta etapa comienza con la focalización visual del objeto y finaliza cuando se ha hecho acopio de la información suficiente como para valorizar el riesgo. Su duración se encuentra determinada también por la conspicuidad del riesgo, la capacidad sensorial del sujeto y ciertas condiciones circunstanciales, como cansancio o estados de intoxicación que perturben el proceso mental de identificación, así como por la habilidad que brinda para esto la experiencia.

En tal sentido, algunos estudios han determinado que si bien los adolescentes poseen respuestas neuromotoras más rápidas que personas maduras, se da el caso de que estas suelen tener menores tiempos de percepción y reacción totales, ante situaciones reales de manejo, lo que es atribuido a menores lapsos en los procesos de identificación, de evaluación y de decisión. En esta etapa pueden generarse también demoras, y errores en la identificación, los que pueden llevar a provocar errores en la evaluación del riesgo.

Es el caso de quien se lanza a pasar a otro rodado en la ruta, porque cree que el rodado que ve a lo lejos va en su misma dirección, cuando en realidad se está acercando velozmente. La duración de esta etapa es del orden de 0,3 segundos.

Tercera Etapa: Evaluación. A partir de la información obtenida y procesada durante la etapa de identificación, el conductor evalúa el riesgo reconociéndolo como tal, como peligro, o desechándolo.

Este proceso culmina cuando se ha llegado a alguna de las conclusiones precedentes, e insume un lapso que tiene las mismas influencias de la etapa anterior (algunos autores las unifican).

Los errores propios de la evaluación del riesgo son causa de no pocos accidentes, por ejemplo, no conceptualizar como riesgo una pelita que atraviesa la calle porque no se percibe a nadie sobre la vereda; el riesgo está en que, de entre autos estacionados, puede salir corriendo un chico, indetectable por su altura.

Otro error de evaluación puede producir la reacción exagerada (over-reaction), que provoque o agrave un accidente. Con frecuencia vemos que un

accidente se produce o agrava por clavar los frenos, en stop panic, cuando una frenada más suave hubiera sido más eficiente, como ya hemos visto.

Los errores debidos a ignorancia (como por ejemplo desconocimiento del significado de una señal) ocurren en esta etapa, y tienen una duración aproximada de 0.5 segundos.

Cuarta Etapa: Decisión. Esta etapa, que comienza cuando se ha concluido la evaluación y finaliza al iniciarse la respuesta, consiste en optar entre las siguientes alternativas: 1) cambiar la velocidad (frenar o acelerar); 2) cambiar la dirección (girar a izquierda o derecha); 3) cambiar velocidad y dirección; 4) no modificar los parámetros de su movimiento; 5) secuencias de todas o algunas de las alternativas anteriores. Se ha demostrado que el lapso que insume esta etapa es tanto mayor cuantas más opciones existan.

Las equivocaciones en la decisión suelen ser causa de accidente fácilmente evitables; por ejemplo, frenar bloqueando los neumáticos, por tanto reducir la posibilidad de maniobrar, cuando un leve giro y contragiro hubiese permitido evadir un obstáculo.

A veces, decidir requiere información suplementaria, como la que se obtiene de mirar los espejos retrovisores, lo que insume alrededor de 0,9 seg. para el espejo interior y 0,75 seg. para el espejo lateral exterior. Su duración aproximada oscila entre 0.50 y 1 segundo, o algo más según la situación.

Quinta Etapa: Respuesta. Se inicia cuando el centro motor del cerebro envía la orden de ejecución al grupo de músculos apropiado, y finaliza cuando estos músculos comienzan a ejecutar dicho orden, es decir, cuando, o bien empieza a cambiar la presión sobre el pedal del acelerador, o los brazos inician giro del volante de dirección; el tiempo insumido es de aproximadamente 0.2 seg. siendo su finalización la TPR y la del TR.

Debe aclararse que la suma directa de la duración de cada etapa no necesariamente brinda un tiempo de percepción–reacción adecuada para todos los

casos, ya que puede haber superposiciones o puentes de etapas, así como reducciones o incrementos en su duración.

Por ejemplo, si al alcanzar la cima de una loma encontrásemos el camino totalmente bloqueado, no habría opciones para la decisión habría que frenar; además, se reduciría en una décima de segundo, por lo menos, el periodo de identificación por ser innecesario el movimiento ocular, dada la ubicación y magnitud del estímulo.

Tiempo de percepción y reacción total (TPRT). El TPRT (tiempo de reacción total), en el lapso que, junto con el TRT (tiempo de reacción total), en general debe considerarse en el proceso de reconstrucción y/o análisis de accidentes, y se obtiene de sumar al TPR (o al TRM), el tiempo insumido por lo que hemos llamado respuesta mecánica (TRM). El TRM se inicia al finalizar el proceso de percepción y reacción humana, es decir, cuando los músculos comienzan a ejecutar las órdenes enviadas por su sistema nervioso, y finaliza cuando el rodado empieza a responder a las acciones ejecutadas por el conductor.

Este tiempo de respuesta mecánica es imputable a distintos factores, básicamente a;

_Que todos elementos mecánicos tienen ciertos huelgos, juegos o márgenes que deben ser superados para que la señal que deben transmitir pueda serlo; típico es el caso del juego del volante de dirección;

_Que la transmisión de efectos mecánicos no es instantánea desde que se empieza a disminuir la presión sobre el acelerador, hasta que el vehículo comienza a reducir su velocidad, transcurre un cierto tiempo imputable a la inercia de los mecanismos móviles, y a la elasticidad de los elementos que transmiten la orden, la que amortigua la señal, extendiéndola en el tiempo. Que ciertas maniobras requieren desplazamientos de partes del cuerpo, como por ejemplo, accionar la bocina o frenar (desplazar el pie del acelerador y frenar insume alrededor de 0.25 segundos).⁷

⁷ Irureta V. Accidentología Vial y Pericia. Ed. La Roca. Bs. As Argentina año (1996).

2.1.2.5 Utilización Práctica de la Física en la Investigación de Accidentes de Tránsito

Para obtener un juicio sobre la forma como se producen los accidentes y valorar debidamente los variados elementos que en ello intervienen hay que tener una idea precisa de las distintas fuerzas que se ejercen sobre el movimiento de los automóviles, o que se derivan de las situaciones ocasionadas por un accidente de tránsito. En primer término resaltamos el concepto de movimientos, un cuerpo se encuentra en movimiento con respecto de un sistema de coordenadas elegido como fijo, cuando sus coordenadas varían a medida que transcurre el tiempo.

Existen varios tipos diferentes de movimientos y estos los estudia la cinemática, al averiguar las causas que los producen, es decir, solo en función del tiempo y del camino recorrido o trayectoria.

Si un cuerpo tiene un movimiento compuesto, cada uno de los movimientos componentes se cumplen como si los demás existieran.

En base a estos enunciados es importante recordar los siguientes conceptos:

Magnitud Escalar: Se definen con número y sus unidades se llaman escalares.

Ejemplos:

- El Tiempo 4 seg
- Volumen 4 m³
- Longitud 4 mt

Magnitud Vectorial: los conceptos que se definen con magnitud, dirección y sentido se llaman vectores.

Ejemplos:

- Velocidad
- Aceleración
- Tiempo

Dinámica: la dinámica, como parte de la mecánica, es aquella rama de la Física que estudia las energías que originan los movimientos y las fuerzas que en el intervienen. En todo accidente de tránsito existe un movimiento o conjuntos de movimientos y de ellos resulta una serie de fuerzas que actúan de muy distintas formas o maneras.

Fuerzas: Se define por fuerza a la causa del movimiento de los cuerpos y de sus variaciones (aceleraciones, retardaciones y cambios de dirección), es también la causa de las deformaciones y ruptura de los cuerpos. La fuerza también es una magnitud vectorial, ya que por ejemplo para mover un vehículo sin funcionamiento o en reposo desde el centro de una calzada u otro punto de la misma vía; debemos aplicar una fuerza de cierta intensidad en un punto del móvil y en una determinada dirección y sentido.

Fuerza del Viento: La fuerza del viento no representa graves problemas al actuar en lo normal del eje longitudinal del vehículo, en su propia dirección o en la contraria, pues lo único que afecta es en la acción de aceleración o de frenada. Sin embargo, si el viento actúa lateralmente no producen fuerzas que actúan de manera desconcertante para el conductor. Para compensar el impulso lateral del viento ha de emplearse la dirección del vehículo, con el fin de que la fuerza de fricción lateral compense la fuerza eólica.

Fuerza de Empuje o Energía Cinética: La energía cinética de un cuerpo es directamente proporcional a su masa, es decir, que si tenemos dos cuerpos que se mueven a la misma velocidad, pero de distintas masas el de más masa, posee mayor energía cinética. También la energía cinética de un cuerpo es directamente proporcional al cuadrado de su velocidad, es decir que si los dos tienen la misma masa el de mayor velocidad posee más energía cinética.

El concepto de energía cinética se define como la capacidad de un cuerpo para producir trabajo, un cuerpo tendrá tanta energía como trabajo sea capaz de producir, y su fórmula es la siguiente expresión:

$$E_c = \frac{M \cdot V^2}{2}$$

Fuerza de Gravedad: Se puede decir en forma práctica que la fuerza de gravedad es aquella que atrae los cuerpos hacia el centro de la tierra y que esta disminuye a medida que aumenta la distancia. De lo anterior se concluye que la aceleración de la gravedad debida a la tierra es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia al centro de la tierra, es decir, que la aceleración de la gravedad a dos distancias distintas tiene valores diferentes, para vincularlos con la distancia de manera tal que el accidente entre cada valor de la aceleración y la reciproca del cuadrado de la distancia es siempre el mismo.

En razonamiento simple de ejemplos para subir de un nivel a otro superior se debe efectuar un trabajo, por ejemplo, en la subidas o rampas los vehículo tienen que forzar la marcha de su motor, con el objeto de compensar la fuerza de gravedad que se opone al alejamiento del vehículo de los centros de gravedad de los cuerpos. En las pendientes ocurre lo inverso, porque la velocidad es incrementada por el equivalente a la aceleración de gravedad en 9.8 m/seg^2 , en relación al ángulo de inclinación de la pendiente ($V = G.P$).

El Principio de Masa: La masa de un cuerpo es la cantidad de materia que la forma. La importancia del concepto de masa radica en que está estrechamente vinculado con el concepto de inercia y también con la fuerza y la aceleración que la fuerza provoca.

Se sabe que un cuerpo en diferentes lugares de la tierra tienen pesos diferentes, ya que las aceleraciones de gravedad son distintas, pero analicemos los cocientes y nos daremos cuenta que estos son iguales. Se llama masa de un cuerpo al cociente entre su peso y la aceleración de gravedad en el lugar donde se pesa, donde resultan las siguientes fórmulas:

$$M = P/G; \quad P = M * G; \quad G = P/M$$

Es importante recalcar que no se debe confundir el concepto de peso con el de masa, debemos tener presente que el cuerpo de un peso varía según lugar donde se pesa, mientras que su masa permanece siempre constante.

El Principio de Masa nos dice que la aceleración que adquiere un cuerpo bajo la acción de una fuerza es directamente proporcional a la fuerza o inversamente proporcional a su masa, o sea: ⁸

$$A= F/M; \quad F= M * A$$

2.1.2.6 Investigación Científica de los Accidentes de Tránsito

La Investigación científica de los accidentes es una rama de la ciencia forense. Los científicos forenses examinarán cuidadosamente la escena de un crimen por pruebas físicas que pueden ser objeto de análisis.

El resultado de estos análisis puede ayudar a la Corte para determinar la culpabilidad, la inocencia, culpa o responsabilidad. Los investigadores de accidentes llevan a cabo su trabajo exactamente de la misma manera. A nuestro entender, partes sólo hay una (la investigación científica), que teóricamente debería perseguir más fines que los relativos a las responsabilidades habitualmente discutidas, pero se encuentra dividida por la radicalización de los distintos métodos y los sempiternos intereses, por muy legítimos que algunos puedan ser.

Y como la creencia de que tras el simple movimiento de un dedo no puedan verse involucrados más factores que los físico-químicos, aparte de errónea y poco objetiva nos produce hilaridad, aún a riesgo de caer en el empirismo, insistimos en mantener que la reconstrucción de accidentes basada en la utilización de herramientas informáticas, tal y como ahora es conocida, salvo honrosas excepciones, que también las hay, está envuelta en un halo de identidad propia no más glorioso que el que brilla en torno a la investigación “tradicional” aplicada a los mismos y luctuosos sucesos relacionados con el tránsito. Esto, para las “partes”.

⁸ Oporto Sánchez, Rubén. Ensayo de Investigación Práctica de Accidentes de Tránsito. Ediciones y Arte S.A. Asunción Agosto (2009).

Para el resto, con independencia de que vieren y entendieren, o sólo vieren, citar brevemente a Pascal: “Todo lo que se perfecciona por progreso, parece también por progreso”.⁹

2.1.2.7 Distintos Tipos de Huellas

Huellas de aceleración: Son similares a las anteriores, con la diferencia que comienzan oscuras, y luego se van aclarando hasta desaparecer. También posee estrías longitudinales, y su ancho coincide con el del neumático. Habitualmente son muy cortas.

Huellas de rodadura: Normalmente se produce sobre material suelto (arena, tierra) o sobre césped. En los primeros casos, se “imprime” el dibujo de la rueda sobre el material suelto. En el césped, éste queda aplastado, pero no arrancado (en este último caso, hay que investigarlo más bien como rastro de frenada).

También este rastro de rodadura suele ser dejado por fluidos (frecuentemente aceite o combustible liberados en una colisión) adheridos a las ruedas de los vehículos. En este último caso, resulta de interés discriminar el recorrido de los rodados colisionantes de los vehículos que pasaron en forma inmediata posterior a la colisión.

Huellas de derrape: Presenta la particularidad de que las estrías no siguen el sentido longitudinal de la huella. Su ancho puede ser mayor, igual o menor que el ancho del neumático, gobernando este ancho el mayor segmento de la pisada perpendicular al sentido del desplazamiento del rodado. Pone en evidencia que el sentido de desplazamiento del vehículo no coincide con el eje longitudinal de las ruedas, con un ángulo entre ambos normalmente superior a los 4°, en vehículos subviradores. La huella de derrape es provocada generalmente por una rueda que se mantiene rodando pero que al mismo tiempo desliza lateralmente en mayor o

⁹ Aparicio Izquierdo, Francisco; García García, Andrés; Martínez Sáez, Luis. y otros. “Accidente de Tráfico: Investigación Reconstrucción y Costes” Edita e imprime: Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid. España (2002).

menor grado; es poco frecuente un deslizamiento neto a 90° respecto del eje del vehículo. Esta huella es frecuentemente curva, y se presenta más oscura en el lado exterior, debido a fenómenos de transferencia de fuerzas a causa de la “acción centrífuga”.

Se vincula normalmente con fenómenos de giro o de dificultades de tenida en curva, pero no es exclusivo de ello, pudiendo aparecer en diversas situaciones, que deben ser estudiadas en particular.

Es importante destacar que en general las ruedas se mantienen girando. La caracterización típica, como se dijo, es se da en trazados curvos, o que integran curvas. Los patrones generales de estudio de la dirección de las estrías en relación al desplazamiento del rodado (lo que debe establecerse antes de sacar conclusiones) nos permiten evaluar si el vehículo se encontraba en proceso de aceleración, de frenado o bajo los efectos de la rodadura.

A su vez, es habitual encontrar que una huella de neumático se transforma de un tipo en otro a la largo de su recorrido. Podemos hallar una huella de frenado que en su curso da origen a otra de derrape diagonal (típica cuando se produce frenados severos en tramos curvos), o viceversa.

También la huella de derrape puede evidenciar el giro completo del vehículo sobre su eje. En este caso, además de información hacia dentro de la huella, también nos encontraremos con cruces entre las huellas de distintas ruedas. Finalmente, es importante recalcar, que antes de comenzar cualquier cálculo o descripción del hecho que se investiga es Imprescindible tratar de vincular el tipo de huella con su trazado, identificar a qué rueda o ruedas corresponde, y la trayectoria y posición del vehículo en relación a la huella encontrada, para cada momento de la huella estudiada.

Es habitual que estas huellas y sus variaciones aparezcan en la fase de pos-impacto; o en la transición entre el pre-impacto, impacto y pos-impacto. Una incorrecta marcación o valoración tenderá a errar la real mecánica del

desplazamiento, y a en general a sobre-estimar la velocidad de los vehículos involucrados.¹⁰

2.1.2.8 Errores más Frecuentes en el Cálculo de Velocidad, y su Correcta Valoración

a) En el Caso de Derrape en Zonas de Curvas

Aquí se presenta una huella de derrape dejada por un vehículo al realizar el giro en una intersección urbana. En la etapa de recogida de datos, se indicó en forma correcta que la huella se trataba de un derrape curvo, siendo la huella exterior de 18 metros y la interior de 5,20 m. Pero, al momento de la valoración de velocidad, el perito adoptó el criterio de calcularla como si se pudiera asimilarse a una huella de frenado con bloqueo (y por supuesto, tomando la longitud correspondiente a la huella más larga). De tal forma, informó que el vehículo inició el giro con una velocidad superior a los 57 km/h. La correcta valoración: En un caso como el presentado, el cálculo correcto se debe basar en la consideración de la velocidad límite para inscribir al vehículo en la curva.

Sobre la base de la ubicación de la huella de derrape, y considerando especialmente su inicio, debe encontrarse el radio de la curva circunscripta en la trayectoria del rodado en el momento de pérdida de control (inicio de huella). En este caso, fue de 17 metros.

El estudio de la fotografía permite observar que las estrías del derrape son radiales, por lo que estamos en presencia de un derrape bajo condiciones de rodadura.

En ese caso, podemos tomar la ecuación:

$$V_{\text{lím}} = \sqrt{u \cdot g \cdot R}$$

¹⁰ Aparicio Izquierdo, Francisco; García García, Andrés; Martínez Sáez, Luis. y otros. "Accidente de Tráfico: Investigación Reconstrucción y Costes" Edita e imprime: Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid. España (2002).

Siendo el significado de las variables de la fórmula:

u: coeficiente de deslizamiento.

g: aceleración de la gravedad

R: radio de la circunferencia circunscripta.

Esta ecuación no es de correcta aplicación si estamos frente a derrape con frenado o con aceleración.

En el caso presentado, la correcta aplicación de las ecuaciones de movimiento arroja una velocidad superior a los 39 km/h. La incorrecta valoración del proceso de producción de la huella y las ecuaciones asociadas a sobreestimado la velocidad en casi un 50 % respecto de la real.¹¹

b) En el Caso de Huellas de Neumáticos “Gastados”

También es común encontrar registros de “huellas de frenada” con la siguiente información: La indicación de “huellas de frenada” en toda la longitud, en coincidencia con la longitud total de la huella de neumático pone de manifiesto el error en el relevamiento de la huella. Si se trata de un vehículo sin ABS, sabemos que con bloqueo (condición para la “huella de frenado”) no le resulta posible a las ruedas modificar la dirección del desplazamiento, debido a que ya no disponen de la fuerza lateral necesaria para esa maniobra de conducción.

En consecuencia, no resulta posible que toda la huella indicada sea de frenado. Las alternativas que se presentan es que estemos ante una huella de derrape de 25 metros (de características que desconocemos, ante la falta de mayores datos), o que parte de la huella sea de frenado (al principio, antes que se produzca el cambio de dirección) y parte de derrape, o que la primer parte haya sido de frenado, y que el cambio de dirección sea producto de la colisión. El punto de inflexión de la huella pudo haber sido omitido por quien relevó los datos, por su falta de conocimiento en la materia, también evidenciado en la falta de

¹¹ Flores Estrada Ingrid Marisol Ing. Industrial., Determinación de la Responsabilidad en un Accidente Automovilístico, por Medio de Principios Físicos. Guatemala año (2008).

acotación de la huella en relación a su inicio y finalización, descripción insuficiente y equívoca de la huella hallada, etc.

Si se tratara de un vehículo con ABS, que permite la maniobra lateral mientras se frena, no habría rastros de huellas oscuras como las indicadas.

Lo cierto es que ante un caso como el presentado, poco podemos decir en forma seria sobre la velocidad. Sólo nos queda plantear conjeturas e hipótesis. Todo a consecuencia de la deficiencia en la recogida de datos.

Es conveniente tomar especial atención si en la huella hay cambios de dirección en un vehículo sin ABS. Estaremos ante un derrape descontrolado, pero no ante un frenado con bloqueo. Si hay bloqueo, no hay acción de direccionamiento sobre el vehículo, éste seguiría en línea recta.¹²

c) En el caso de Huellas de Derrape por Pérdida de control

Hay diversas situaciones en que el conductor pierde el control del vehículo, fuera del caso de giro en curva, y demora en retomar el dominio, o no consigue lograrlo hasta que choca o el vehículo se detiene. En todo ese proceso, las ruedas dejan marcas de caucho, caracterizadas como de “derrape”. Presento a continuación un ejemplo:

El vehículo 1 fue impactado desde atrás por el vehículo 2, a consecuencia que el segundo superó la velocidad límite para tomar la curva. El vehículo 1 comenzó a derrapar, y el conductor, sorprendido no consiguió recuperar el control hasta que chocó al final de toda la longitud del derrape. La longitud total de todo el derrape fue de 95 metros. En un peritaje, se tomó de igual modo que si se tratara de un frenado en toda esa longitud. Arrojó una velocidad “mínima” de 130 km/h. A los efectos de una mejor comprensión del tremendo error que introduce esta metodología, debe señalarse que la huella de derrape relevada no presenta ningún dato de que los frenos del vehículo se hubieran accionado. Puede que sí,

¹² Flores Estrada Ingrid Marisol Ing. Industrial., Determinación de la Responsabilidad en un Accidente Automovilístico, por Medio de Principios Físicos. Guatemala año (2008).

En el dibujo tenemos el esquema de la rueda sometida a un desplazamiento en una dirección distinta a la de sus ejes principales.

A ese movimiento se oponen fuerzas vinculadas a la fricción que se originan en los dos ejes principales del neumático: Sobre el eje longitudinal, tendremos la acción propia de las fuerzas de frenado, y sobre el eje transversal actuarán las fuerzas de fricción laterales. La proyección de estas dos fuerzas sobre el eje del movimiento, nos aportarán las sendas fuerzas que se oponen al desplazamiento.

En el caso en que constatemos la efectiva aplicación del freno, en este tipo de desplazamiento tendremos fricción sobre ambos ejes imaginarios. Habrá que considerar la magnitud del frenado, y los límites que impone el “círculo de adherencia”.

Si la rueda está bloqueada, la suma de estas dos fuerzas será equivalente a la fuerza de fricción máxima disponible.

$$(\mu \cdot m \cdot g)$$

Pero, si no tenemos constancias de aplicación efectiva del freno, debemos evaluar solamente la fuerza de fricción lateral, que sabemos actúa en toda situación de derrape. Analizaremos este último caso. Nos ayudará para ello el ejemplo propuesto.

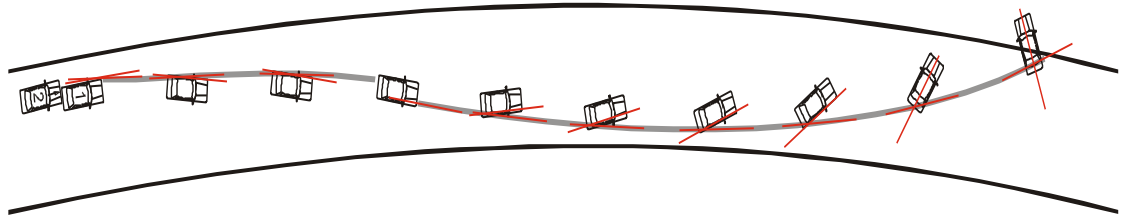
No habiendo acción del sistema de frenos, las fuerzas no conservativas que están actuando son las de deslizamiento con rodadura que se da en el sentido lateral (fuerzas laterales).

$$Fr = \mu \cdot \text{sen } \alpha \cdot m \cdot g$$

Se plantea dividir la trayectoria en partes iguales a los fines de obtener “N” posiciones donde pueda considerarse el efecto de las fuerzas no conservativas.

Para el cálculo, esta circunstancia se debe corregir efectuando un promedio ponderado entre ruedas delanteras y traseras (considerando coeficientes de reparto de peso).

Figura N° 3. Fuerzas de fricción laterales, estarán regidas por el peso del vehículo y el sen α .



Fuente: Flores Estrada Ingrid Marisol Ing. Industrial., Determinación de la Responsabilidad en un Accidente Automovilístico, por Medio de Principios Físicos. Guatemala año (2008).

De tal modo, se puede obtener un μ equivalente (μ').

$$\mu' = \mu \cdot (\sum \text{sen } \alpha_i) / n$$

Por lo que μ' se puede introducir en la ecuación

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

Siendo el significado de las variables de la ecuación como sigue:

μ : Coeficiente de deslizamiento.

g : Aceleración de la gravedad

d : Distancia

Reemplazando μ por μ' definido éste como coeficiente de fricción equivalente para el cálculo de velocidad en función al coeficiente de roce efectivo promedio en todo el tramo.

Debe advertirse que las ruedas directrices del automotor pueden no encontrarse durante el derrape paralelas al eje del vehículo, produciéndose una variación de algunos grados en relación al eje longitudinal de las ruedas traseras.

En caso de desconocerse o no poderse estimar la inclinación relativa de las ruedas delanteras, el error en el cálculo será menor, máximo considerándolo en relación a los elevados errores de las prácticas de cálculo aquí cuestionadas, y que son comúnmente utilizadas en la actualidad.¹³

¹³ Flores Estrada Ingrid Marisol Ing. Industrial., Determinación de la Responsabilidad en un Accidente Automovilístico, por Medio de Principios Físicos. Guatemala año (2008).

2.1.2.9 Fórmulas para Calcular Velocidad de Acuerdo al Tipo de Accidente

a) Cálculo de Velocidad en Base a Huellas de Derrape

La Fricción: Se define como fuerza de rozamiento o fuerza de fricción entre dos superficies en contacto a la fuerza que se opone al movimiento de una superficie sobre la otra (fuerza de fricción cinética) o a la fuerza que se opone al inicio del movimiento (fuerza de fricción estática)

Primera ley de Coulomb implica que se puede definir un número que es el cociente entre la fuerza de fricción entre dos superficies que se desplazan una respecto a la otra y la fuerza que aprieta a las dos entre sí. Este coeficiente de rozamiento o fricción, usualmente denominado por la letra griega μ , se mide y se tabula para pares de superficies (según la segunda ley).

Si se mide la máxima fuerza de roce que puede aplicarse al cuerpo de arriba sin que se empiece a mover, y se la divide por la fuerza que aprieta a las superficies, se obtiene lo que se llama el coeficiente estático de roce μ_e .

En todos los casos conocidos, este coeficiente estático es mayor al dinámico: es difícil poner en movimiento a un mueble empujándolo, que mantenerlo en movimiento una vez que arranca. Todo lo que sigue se refiere al coeficiente de fricción dinámico, que es el que se aplica cuando un neumático de ciertos tipos sobre tipos de calzada.

Es posible dar valores razonables para el coeficiente de fricción entre neumáticos de ciertos tipos sobre tipos de calzada. Algunos ejemplos relevantes son su rango de variación experimental. Algunos valores de constantes de rozamiento de neumáticos de autos modernos sobre diversas superficies

Estos valores dependen de las dos superficies que rozan tanto del tipo o condición de la calzada, es decir el estado de conservación, si se encuentra seca, húmeda, con nieve, impregnada de algún fluido. Así también tiene una gran influencia las condiciones en las que se encuentran los neumáticos de los vehículos.

Tabla N° 1. Adherencia en diferentes tipos de superficie según puede observarse en la tabla.

Neumáticos Sobre	M
Asfalto seco	0,80 1,20
Asfalto mojado	0,50 – 0,80
Ripio firme	0,55 0,85
Ripio suelto	0,40 – 0,70
Barro	0,40 – 0,50
Concreto	0,85 - 0,55

Fuente: Irureta V. *Accidentología Vial y Pericia*. Ed. La Roca. Bs. As Argentina año (2003).

El fabricante de neumáticos se debate entre dos requerimientos técnicos contradictorios: alta fricción, para frenar y acelerar bien, lo que necesita compuestos blandos y larga vida útil, lo cual demanda una goma dura. Los vehículos sometidos a usos exigentes como camiones, camionetas y motos de enduro, suelen usar neumáticos de mayor dureza, cuyo coeficiente de fricción es correspondientemente menor que el neumático de un auto familiar, alrededor de 0.6 para camiones frente al 0.8 típico de autos.

La fórmula utilizada para calcular la fuerza de fricción o coeficiente de adherencia de un vehículo su expresión es la siguiente:¹⁴

$$a = \frac{v^2}{2 \cdot G \cdot d}$$

Donde las siguientes variables significan:

V²: velocidad al cuadrado **2:** constante
G: gravedad de la tierra **d:** distancia

¹⁴ Irureta V. *Accidentología Vial y Pericia*. Ed. La Roca. Bs. As Argentina año (2003).

b) Aplicación al Atropellamiento de Peatones. Método de Searle

Se describe el método y se indican las ecuaciones del movimiento y la ecuación diferencial que rige el fenómeno. Mediante la integración de ésta se obtiene una expresión para la velocidad mínima necesaria para que la partícula sea proyectada a una determinada distancia. Se indica una expresión para la velocidad máxima.

En 1983 John A. Searle presenta en un papel de la SAE el problema de determinar la velocidad inicial de una partícula a partir de una trayectoria dada. En dicho trabajo se deduce una ecuación para la velocidad mediante la cual se puede acotar los límites de ésta a pesar de que se desconozca el ángulo de proyección inicial.

Puede tratarse el caso de un objeto desprendido en el momento del choque el cual vuela una determinada distancia y luego rebota varias veces en el pavimento hasta que finalmente desliza y queda en estado de reposo. Se puede tratar el caso de un vehículo que pierde el control y sale despedido por el aire y luego golpea sucesivamente contra el pavimento hasta que se detiene.

El método descrito por Searle se deriva de la ecuación de la velocidad deducida para una partícula aplicada al centro de gravedad G del peatón el cual se mueve en un plano vertical. En este modelo se tienen en cuenta los golpes y rebotes que sufre la partícula contra el suelo y por esto se lo denomina “caída, rebote y deslizamiento”.

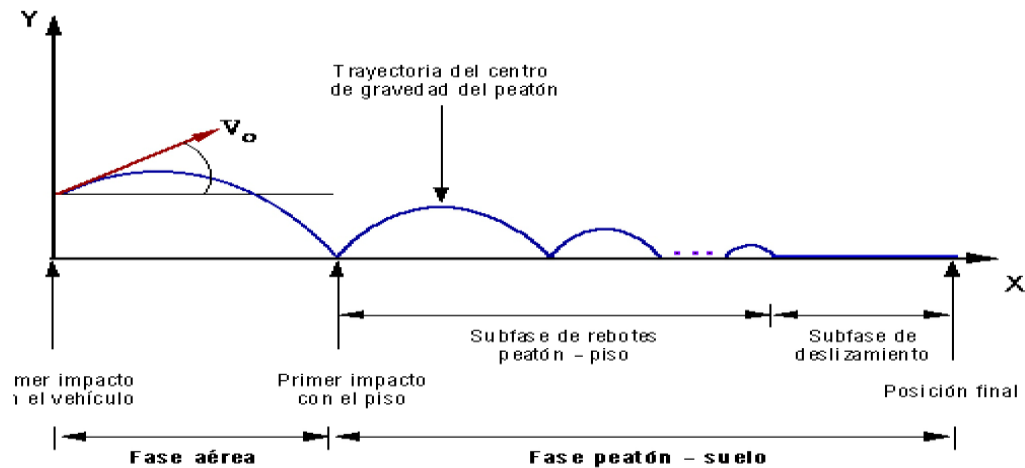
Con anterioridad los autores habían considerado solo la fase aérea del movimiento de una partícula hasta el primer rebote, hay veces que se conoce la distancia del primer impacto contra el suelo por cierta evidencia física como marcas, etc. Pero por lo general la distancia que puede obtener el investigador de la escena del choque es la distancia de reposo final del objeto luego de sucesivos rebotes y deslizamientos.

Esta distinción de las distancias no es menor ya que la distancia de la fase de rebote y deslizamiento puede ser mayor que la de la fase aérea inicial.

El estudio de Searle considera toda la trayectoria del objeto hasta el reposo final, logrando acotar la velocidad inicial independientemente del ángulo con que fue lanzado, teniendo en cuenta la distancia de proyección y el coeficiente de rozamiento de la interface objeto –suelo.

Aplicado al atropello de un peatón el método describe un primer impacto del vehículo con el peatón quien sufre una aceleración durante un lapso de tiempo Δt y es proyectado en el aire con una velocidad inicial V_0 , la que forma un ángulo θ con la horizontal.

Figura N° 4. Esquema de la trayectoria del centro de gravedad G del peatón en el modelo de Searle denominado “caída, rebote y deslizamiento”.



Fuentes: Searle, John A., y Searle, Ángela, *The trajectories of pedestrians, motorcycles, motorcyclists, etc. Following a road accident*, SAE, USA, (1983).

El movimiento del peatón luego del impacto se determina a partir del movimiento de su centro de gravedad G, el que describe primero una fase aérea con una trayectoria parabólica, hasta que se produce el primer impacto contra el suelo y el primer rebote. A continuación se producen sucesivos rebotes que llevan la componente de velocidad vertical del centro de gravedad G del peatón a cero (subfase rebotes) y donde el cuerpo embestido termina deslizando y rozando contra el piso hasta su posición de reposo final (subfase de deslizamiento), donde la componente horizontal de la velocidad de G se anula. A esta segunda fase se la denomina fase peatón – suelo, y es donde ocurren un número no determinado de

rebotes y posteriormente el deslizamiento del cuerpo hasta la posición final de reposo.

La velocidad mínima inicial $V_0 \text{ min}$

El método de Searle propone una relación entre la velocidad de proyección del peatón V_0 , el ángulo de proyección θ con la horizontal, la distancia de total de proyección S , la altura H del centro de gravedad del peatón y el coeficiente de rozamiento μ de éste con el suelo.

$$V_0 = \frac{\sqrt{2} \cdot u \cdot g(S - U \cdot H)}{(\cos \theta + \mu \cdot \text{sen } \theta)}$$

El método permite determinar un rango de velocidades mínima y máxima para una cierta distancia de proyección. La velocidad mínima se halla como $V_0 \text{ min}$ calculada como el mínimo matemático de la función (10).

La expresión de V_{min} es:

$$V_0 \text{ min} = \frac{\sqrt{2} \cdot u \cdot g(S - u \cdot H)}{(1 + u^2)}$$

Observamos que esta expresión nos indica la mínima velocidad que es necesaria conferir al peatón para que alcance una distancia de proyección S , $V_0 \text{ min}$ es independiente del ángulo de proyección θ .

La velocidad inicial máxima $V_0 \text{ max}$

En el intervalo $0 \leq \theta \leq \pi/2$ se observa el máximo para $\theta = 0$, donde $V_0 \text{ máx.}$ está dado por:

$$V_0 \text{ máx.} = \sqrt{2} \cdot u \cdot g(S - U \cdot H)$$

Searle indica que esta velocidad máxima se puede calcular si el ángulo θ es menor a un ángulo crítico $\theta \text{ crit}$ que depende de μ del siguiente modo:

$$\theta \text{ crit} = \frac{\pi}{2} - 2 \cdot \text{arctg} \left(\frac{1}{\mu} \right)$$

Tabla N° 2. Esta relación está dada en la tabla siguiente para los diferentes valores de μ , (adherencia) y el ángulo crítico de proyección.

Coef. μ	ang. θ crit
0.3	33°
0.4	44°
0.5	53°
0.6	62°
0.7	70°
0.8	77°
0.9	84°

Fuente: Searle, John A., y Searle, Ángela, *The trajectories of pedestrians, motorcycles, motorcyclists, etc. Following a road accident*, SAE, USA, 1983.

El ángulo θ inicial es desconocido pero se puede asumir que es menor al ángulo crítico en la mayoría de los casos. Supongamos que μ vale 0.6, si el ángulo de proyección es menor a 62° entonces la velocidad máxima está dada por la expresión (3), si es mayor no se puede fijar un máximo para ésta.

En la mayoría de las situaciones los valores de θ son pequeños y mucho menores al θ crit es por esta razón que en la mayoría de los casos se puede fijar el límite máximo de la velocidad.

Límites de la velocidad: Para simplificar supongamos que $H=0$, entonces la velocidad está dada por la expresión:

$$VO \sqrt{\frac{2 \cdot \mu \cdot g \cdot S}{1 + U^2}}$$

Esta es una ecuación del tipo:

$$VO \min 2 = \frac{2 \cdot \mu \cdot g}{1 + \mu^2} \cdot S$$

Esta ecuación es de la forma

$$y^2 = p \cdot x$$

Es la ecuación de una familia de parábolas de eje principal ox que pasan por el origen y cuyo parámetro es.¹⁵

$$p = \frac{2 \cdot \mu \cdot g}{1 + \mu^2}$$

c) La Conservación del Momentum Lineal en un Accidente Vial

Analizando el momento de inercia se observa que este depende fundamentalmente del centro de rotación y de la forma del cuerpo que rota. Una primera consideración del modelo propuesto, está relacionado con contemplar al vehículo como un paralelepípedo, si consideramos al vehículo como un sólido con forma de paralelepípedo que rota alrededor de su centro de masas coincidente con el centro del volumen, el momento de inercia respecto al eje “z” será:

$$I_o = M \frac{(a^2 + b^2)}{12}$$

Siendo el significado de las variables:

I_o: momento de inercia propio respecto al eje vertical “z”.

M: masa total del vehículo.

a: ancho del vehículo.

b: largo del vehículo.

Reemplazando en las ecuaciones de la conservación de la energía se llega a una expresión con la cual se puede determinar el valor de la velocidad al inicio de la huella en función de parámetros medibles:

¹⁵ Cooper Gary. “Work, Energy, and Speed From damage in Traffic Accidentes”. Topic 870 of The Traffic Accident Investigation Manual. Institute of Traffic, University of Northwestern. U.S.A (1984). (Traducción hecha del inglés al español por el investigador en la página web de <http://translate.google.com/?hl=es>”).

$$\sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \left[x + \frac{(a^2 + b^2) \cdot \phi^2}{12 \cdot x} \right]}$$

Esta ecuación es el algoritmo general para el caso ideal de interpretar al vehículo como un paralelepípedo que rota alrededor de su baricentro, como en la mayoría de los casos reales no sucede esto, es necesario hacer las correcciones correspondientes aplicando el Teorema de Steiner:

$$I = I^o + M \cdot d^2$$

d) La conservación de la energía en un accidente vial

El trabajo durante la traslación está vinculado con el rozamiento durante el desplazamiento longitudinal del centro de masa del vehículo, el cual se convierte en calor. En tanto que la energía de rotación tiene que ver con la energía necesaria para que el vehículo rote alrededor de un punto que puede ser o no coincidente con el centro de masa del vehículo:¹⁶

$$E_c (\text{inicial}) = W_r + E_r$$

Las siguientes variables utilizadas en la ecuación se leen como sigue:

Ec: energía cinética

Wr: fuerza de rozamiento

Er: energía de rotación

e) Cálculo de la Determinación de Velocidad por Impacto Contra un Peatón.

Para la determinación de la velocidad en el caso de impacto de un vehículo contra un peatón, puede resolverse el problema como un caso de choque elástico

¹⁶ Flores Estrada Ingrid Marisol Ing. Industrial., Determinación de la Responsabilidad en un Accidente Automovilístico, por Medio de Principios Físicos. Guatemala año (2008).

estudiándose por el teorema de la cantidad de movimiento que dice “La masa del vehículo por su velocidad será igual a la masa del vehículo más la masa del cuerpo que impacta multiplicado por la velocidad inicial, la velocidad inicial que será común a ambas:¹⁷

$$Mv * Vv = (Mv + Mc) * Vo$$

Reemplazando los valores se tiene la fórmula:

$$Vv = \frac{(Mv * 0,75 + Mc)}{Mv * 0,75} * \sqrt{d \cdot g}$$

Donde= Vv= Velocidad del vehículo a calcular.

Mv= Masa del vehículo.

Mc= Masa del cuerpo de la víctima.

d= Distancia que fue lanzado el cuerpo de la víctima.

g= fuerza de gravedad 9,81 m/seg².

0,75= coeficiente de transmisión de energía cinética.

f) Fundamento de la fórmula para calcular velocidad en una colisión en marcha perpendicular:

Los vehículos al colisionar cambian sus direcciones, de acuerdo a la energía cinética de ambos. Y a mayor velocidad, menor desviación de su dirección original. Para encontrar la velocidad de los vehículos participantes es necesario realizar una serie de cálculos, como sigue:

- **Velocidad del vehículo uno después de la colisión:**

$$V3.1 = \sqrt{2 * g * u \cdot d1}$$

- **Velocidad del vehículo dos después de la colisión se tiene:**

$$V3.2 = \sqrt{2 * g * u * d2}$$

¹⁷ Randall K. Noon Forensic Engineering Investigation. New York Washington, D.C. 200, Edit Corporate Blvd., Boca Raton.). (Traducción hecha del inglés al español por el investigador en la página web de <http://translate.google.com/?hl=es>”).

- **Velocidad del vehículo uno antes de la colisión, la fórmula es:**

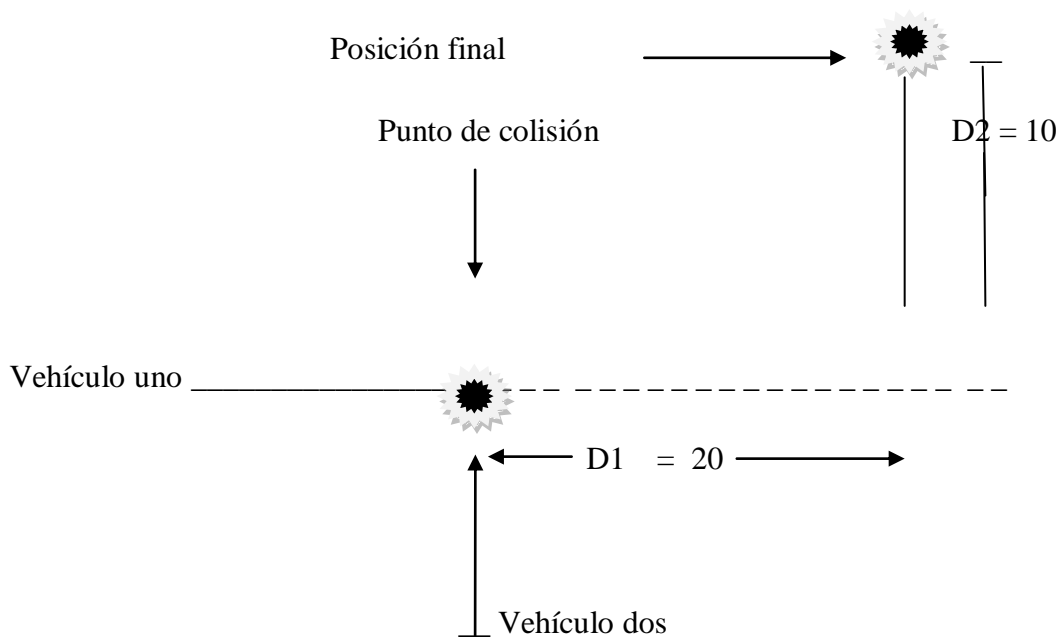
$$V1 = \frac{(m1 + m2) * v3.1}{m1}$$

- **Velocidad del vehículo dos antes de la colisión**

$$V2 = \frac{(m1 + m2) * v3.2}{m1}$$

En estas expresiones matemáticas solo D1 Y D2 merecen un comentario especial, pues las demás variables tienen significado. Para mejor avanzar en la explicación se tiene la siguiente figura:

Figura n° 5. Diagramación de la posición final de vehículos que colisionan en forma perpendicular.



Fuente: Irureta V. Accidentología Vial y Pericia. Ed. La Roca. Bs. As Argentina año 1996.

Luego, de acuerdo a la posición final, se establece mediante las correspondientes prolongaciones de las trayectorias, los valores de D1 y D2.¹⁸

¹⁸ Ibídem Pág. 34

g) Vehículo que Frena Antes de la Colisión contra un 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.

$$E_{c1} = E_f + E_{c2} \quad \text{Solo para el vehículo colisionante.}$$

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.

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

Donde las siguientes variables significan los siguientes:

μ = Adherencia de la calzada.

2= constante.

G= gravedad de la tierra.

D= distancia.

V^2 = velocidad dos.

Esta ecuación nos proporciona la velocidad del vehículo en el instante de la colisión. ¹⁹

$$v3a = \sqrt{2 * \mu * g * d}$$

$$v3b = \sqrt{\frac{2 * \mu * g * d * P1}{P2}}$$

$$v2 = \frac{(m1 + m2) * v^3}{m1}$$

¹⁹ Ibidem. Pág.28

2.1.3 Aplicaciones Informáticas en la Investigación de Accidentes de Tráfico

2.1.3.1 Uso de Sistemas Informáticos en la investigación de Accidentes de Tránsito

El uso de las computadoras ha sido de gran importancia para los individuos en todos los ámbitos de la vida. Este tema describe el uso de computadoras en la investigación del accidente mediante la práctica de los investigadores de accidentes: las personas con un conocimiento práctico de la investigación y reconstrucción de accidentes.

Antecedentes: Lo que se ha dado en llamar “revolución informática” ocupa sin duda una parte importante de lo que en su conjunto denominamos “progreso” o cambio en una dirección deseable; cambio que se ha materializado, desde el punto de vista científico, en una mayor facilidad a la hora de manejar datos experimentales, particularmente los que involucran cálculos complejos.

En el “rompecabezas” de la investigación de los accidentes de tránsito, la “pieza matemática” la conforma principalmente el estudio del comportamiento físico-dinámico de los vehículos y su interacción con la biomecánica.

Es por tanto lógica la dirección tomada hacia el desarrollo de aplicaciones informáticas dedicadas a procesar complejos algoritmos, cuyo tratamiento por métodos tradicionales sería a estas alturas imposible de llevar a cabo.

Remontándonos a los orígenes desde la tercera generación de los ordenadores, a mediados de los años 60, resulta fácil comprobar cómo la evolución tecnológica ha llevado aparejados cambios conceptuales no sólo en cuanto al modo de tratar los datos, sino también de interpretarlos.

Así, de la pretensión de obtener el resultado de una operación matemática sencilla, se ha pasado al proceso simultáneo de múltiples y complejas instancias, con posibilidad de aplicarlas, incluso en tiempo real, y en el marco de la investigación de los accidentes de tráfico, a la recreación del movimiento de

vehículos y personas en un escenario virtual generado por ordenador mediante un software dedicado.

Esta es, en síntesis, la noble aportación del progreso al servicio de una ciencia. Sin embargo, connotaciones filosóficas aparte, por ser el pensamiento racional la esencia del esfuerzo científico, compete al hombre todo lo relativo al modo y fines de utilización para los que tales herramientas han sido creadas; extremos éstos que prevalecen sobre su diseño, concepción y funcionamiento, en los que pese a haber intervenido de forma directa, no caben, en lo relativo a sus capacidades, potencia y fiabilidad, más discursos o cuestionamientos que los basados en aspectos meramente técnicos.

Con el paso del tiempo y dado el importante número de empresas que desarrollan aplicaciones de este tipo a nivel mundial, su utilización ha proliferado de tal manera que hoy en día casi constituyen un estándar en la reconstrucción de accidentes de tráfico, hasta el punto de que cuando hablamos de “reconstrucción”, indefectiblemente surja la relación, casi de exclusividad, entre tal vocablo y una aplicación informática que, dicho sea de paso y como en casi todos los órdenes, goza de partidarios y detractores, y no por igual.

Y es en el trasfondo de esta disyuntiva donde a nuestro entender radica el problema, y más concretamente en algunos de los argumentos que se han venido esgrimiendo como poco, a lo Aquiles, y que van desde el intento de ensalzar las virtudes de estos programas y su conveniencia, al de “condenar al ostracismo” a quienes los utilizan; siendo éstos los extremos, habrá de entenderse incluso cuántos otros carentes de propiedad y precisión sigan siendo manejados, de una y otra parte, amén del argumento negativo, por lo que de deliberado tiene.²⁰

²⁰ Limpert, Rudolf. “Motor Vehicle Accident Reconstruction and Cause Analysis”, Ed. Michie, Fourth Edition, U.S.A (1994). (Traducción hecha del inglés al español por el investigador en la página web de <http://translate.google.com/?hl=es>”).

2.1.3.2 Primeros Programas Informáticos que Aparecieron en el Mercado

Los accidentes son reconstruidas por diferentes razones, diferentes agencias. Por ejemplo, los órganos encargado de administrar justicia reconstruyen accidentes con fines estadísticos, para desarrollar normas de seguridad, y de realizar o financiar la investigación en nombre del público en general.

Los fabricantes de vehículos analizar los errores para ayudar a diseñar seguro en la estructuras y sistemas de retención. Las compañías de seguros uso de consultores para reconstruir accidentes para determinar la responsabilidad. Y las fuerzas del orden reconstruir accidentes para determinar si se violaron leyes.

En 1966, la reconstrucción de herramientas para el análisis de los vehículos crudos y los datos de accidentes sitio se limitaban a largos cálculos realizados utilizando una regla de cálculo. Ningún estudio serio puede ser realizado a menos que grandes cantidades de datos pueden ser analizados rápidas y coherentes.

Debe tenerse presente que la única finalidad de estas aplicaciones es la recreación visual, que su principio de funcionamiento es el de una “emulación” dirigida y no el de una simulación, que su evolución constante tiende a perfeccionar técnicas de modelado y animación 3D para conseguir el máximo realismo desde el punto de vista de la expresión artística, y que el hecho de que no hayan sido específicamente diseñadas para la investigación científica no supone impedimento para su utilización en este ámbito, que está plenamente consolidada y bajo presupuestos muy definidos.

Distinto es que alguien esperase de tales herramientas consecuciones que pudieran entrar en oposición con las características técnicas inherentes a su desarrollo, o lo que sería peor, pretendiese para algunos de los datos obtenidos el reconocimiento de incuestionables.

La presión social también jugó un papel significativo en el uso de programas de ordenador mediante el apoyo a la necesidad general de accidente reconstrucción. La presión del público ha sido considerable puesto en abogados de la acusación de hacer algo acerca de la mayor causa de muerte en personas

entre las edades de dos y 40: coche crashes. El hecho de que más de la mitad de estas muertes tuvieron lugar entre el abuso de alcohol provocó la deseo de reducir estas muertes innecesarias por condenar con éxito las personas acusadas de homicidio vehicular.

Convicción no sólo necesaria demostración de que el conductor estaba legalmente borracho, pero también que el comportamiento del conductor se vio afectado extraordinariamente por el uso de alcohol. Esto dio lugar a la necesidad de comprender los acontecimientos que rodearon el accidente es decir, un accidente de bien, claro reconstrucción.²¹

2.1.3.4 Programas de cálculo de velocidad y reconstrucción virtual

Reconstrucción Virtual del Accidente de Tránsito, es una metodología de investigación que se contempla en el estudio retrospectivo de un hecho a partir de inferencias abductivas y deductivas sobre indicios materiales que permiten emitir un diagnóstico fundamentado de la dinámica del hecho, reproducible por medio de un instrumento virtual.

Estos programas realizan los cálculos de la física en general fácil de hacer con la mano. La razón principal para el uso de estos programas es su capacidad para realizar estos cálculos importantes velocidad y precisión. Las ecuaciones utilizadas por estos programas generalmente se encuentran en la documentación que acompaña al programa y no se presentan aquí.

Confecionar la Reconstrucción Virtual de cualquier siniestro vial implica crear, en principio, una serie de imágenes fotorealista del hecho y poder a continuación reproducirlas en forma secuencial, de manera que el espectador pueda percibir el hecho en forma de una película. El proceso de creación de las imágenes fotorealistas, consiste, primeramente, en el dibujado de la escena del lugar o escenario del hecho a reconstruir.

²¹ Cooper Gary.- “Work, Energy, and Speed From damage in Traffic Accidentes”,. Topic 870 of The Traffic Accident Investigation Manual. Institute of Traffic, University of Northwestern. U.S.A (1984). (Traducción hecha del inglés al español por el investigador en la página web de <http://translate.google.com/?hl=es>)

Algunos de los cálculos más importantes que pueden realizar estos programas son las siguientes:

Ubicación. Calcular el lateral longitudinal, vertical y elevación del centro de gravedad (CG) de distancia entre ejes, distribución de ancho de vía, y el peso (altura requiere de la parte delantera del vehículo que se levante a una altura conocida).

Ruta de radio. Datos de la curva (radio, tangente offset) cuando el campo mediciones disponibles.

Coefficiente de fricción. Valores como (el peso del vehículo y la distribución del peso, fuerza de tracción). Cinemática (distancia, velocidad y aceleración en función del tiempo). Ecuaciones generales de movimiento para los vehículos de arrastre Velocidad cuando la distancia de deslizamiento y el factor de resistencia se conocen, la aceleración cuando la velocidad, distancia y tiempo se sabe, la distancia recorrida por la velocidad y el tiempo son conocidos (y otros reordenamiento de estas fórmulas), y la velocidad crítica en curvas de radio cuando camino y el factor de resistencia se conocen).²²

2.1.3.5 El Programa Velocalc 2.0 – Simulaciones y Tablas Software para Accidentes de Tránsito – Colisiones Bidimensionales

En los capítulos, antecedentes, estudiamos diversos casos de accidentes de tránsito involucrando cálculos que pueden ser más simplificados con el uso de planillas electrónicas. En algunos casos el perito necesita usar su experiencia para definir los ejes del sistema de referencia para aplicar los conceptos de conservación de la cantidad de movimiento. La idea central es buscar un sistema más simple, colocando la trayectoria inicial de uno de los vehículos (“1, por ejemplo) en la dirección del eje “x”, lo que elimina el ángulo “a1” de los cálculos. La pregunta que queda es si este sistema podría ser todavía más

²² Aparicio Izquierdo, Francisco; García García, Andrés; Martínez Sáez, Luis. y otros.”Accidente de Tráfico: Investigación Reconstrucción y Costes” Edita e imprime: Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid. España (2002).

simplificado con el uso de software capaz de reconstruir el accidente y establecer las velocidades en simples operaciones por computadora.

Este tipo de soluciones es muy utilizado en trabajos internacionales, como puede verse en diversas páginas Web que tratan del tema en Internet. Todavía, en el Brasil, el perito accidentólogo está sujeto a normas distintas a la de sus pares extranjeros, al menos en el área accidentológico.

El informe pericial corresponde a emitir un juicio de valor, siendo el perito el único funcionario que puede expedir tal juicio en la investigación policial. Por esta razón, todos los pasos seguidos en una diligencia pericial deben ser descritos en el informe, incluso la metodología utilizada para cálculos de velocidades. El problema de los programas internacionales es que ellos presentan soluciones prontas, muchas veces basadas en evaluaciones de velocidades por los daños, que no se aplican a nuestros casos.

Por otro lado el acceso a literaturas correspondientes a estos cálculos no es posible, la mayoría de los peritos y juristas brasileños, impidiendo una contestación en la mayoría de los casos. Siendo así buscamos una solución doméstica, extendiendo los conceptos de las planillas para aplicarlos en un software que vuelve los cálculos dinámicos, con esto es posible estudiar todo el accidente por medio de un croquis dinámico que proporciona, a cada cambio de configuración, los nuevos valores de velocidades de los vehículos, apenas proporcionándose las informaciones prácticas (masas, coeficiente de adherencia, etc.).

Aquí les presentamos, este método de cálculo, que bien son estudiados en los cursos de accidentes de tránsito para peritos accidentólogos y utilizando con éxitos en los casos reales de evaluación de las velocidades de vehículos colisionantes. Introdujimos un tratamiento electrónico por el uso de planillas de cálculos que posibilitan el estudio de variaciones de magnitudes dudosas y de un software que permite un rápido análisis del accidente, reconstruyendo o esquematizando y posibilitando, simultáneamente, la evaluación de las

velocidades, por la aplicación directa de la conservación de cantidad de movimiento.

Resultase entonces, que tanto la teoría como la práctica del uso del sistema descrito a continuación, o similares, deben ser difundidos y enseñados en cursos de especialización para peritos de accidentes de tránsito, se vuelve la materia un ramo del conocimiento al alcance de todos los profesionales.

Principios Físicos en la Construcción del Programa Velocalc: El principio físico utilizado es de la conservación de la cantidad de movimientos. Admitido como buena aproximación en los medios forenses, este permite que se evalúe la velocidad de impacto de los vehículos en los accidentes. No son echas aproximaciones en base a la conservación del momento angular en los tipos de accidentes tratados en el software, este tema es tratado en los cursos de especialización.

El Software usa el Principio de Conservación de Cantidad de Movimiento presentado en el capítulo I, considerando los vehículos como puntos de materiales: se dos partículas A y B, de masas, m_A y m_B siguen determinadas trayectorias de tal suerte que, en un determinado momento del tiempo estarán en el mismo punto del espacio, ellas irán a colisionar, de forma tal que la cantidad de movimiento total del sistema compuesto por las dos partículas se mantienen constante,

$$\sum_{I=A,B} \vec{P}_i = \vec{P}_A + \vec{P}_B = \vec{P}_A + \vec{P}_B$$

Antes de la colisión = después de la colisión, o:

$$m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B = + m_A \vec{u}_A + m_B \vec{u}_B$$

Donde la variables “v” son las velocidades antes de la colisión y “u” las velocidades después de la colisión.

Básicamente, es ese el fundamento que necesitamos para introducir la física de los accidentes de tránsito.

Antes de estudiar un accidente real, vamos a utilizar un modelo de accidente para el estudio completo de los conceptos introducidos. Consideremos una colisión perpendicular los vehículos 1 y 2:

Vamos a admitir que los vehículos tienen masas m_1 y m_2 , entrarán en el accidente en ángulos a_1 y a_2 , y que, después del accidente, adquirirán velocidades u_1 y u_2 , en las direcciones dadas por los b_1 y b_2 , respectivamente. Estos datos son supuestos conocidos, esto es, fueron medidos u obtenidos en el local del accidente por el perito. En particular, las velocidades finales “u” pueden ser calculadas por el arrastre de las cubiertas de los vehículos después de la colisión.

Solución Analítica de la Ecuación: Estas ecuaciones arriba pueden ser resueltas como un sistema de dos ecuaciones y dos incógnitas. Después de un simple ejercicio algebraico, obtenemos:

$$v_1 = \frac{u_1 \operatorname{sen}(a_2 - b_1) + \frac{m_2}{m_1} u_2 \operatorname{sen}(a_2 - b_2)}{\operatorname{sen}(a_2 - a_2)}$$

$$v_2 = \frac{\frac{m_2}{m_1} u_1 \operatorname{sen}(b_1 - a_1) + u_2 \operatorname{sen}(b_2 - a_1)}{\operatorname{sen}(a_2 - a_1)}$$

Después de tener los valores de las masas, de las velocidades y de los ángulos, resolvemos el accidente por completo, encontrando los valores de las velocidades iniciales de los vehículos.

La gran ventaja de la utilización del software es que el permite simulaciones, esto es, habiendo parámetros con medida incierta, o desconocidos, por medio de estudio físico con el uso del software es posible establecer una faja de valores que vuelve el accidente físicamente posible. La planilla de abajo exhibe un cálculo modelo, en el cual la incertidumbre reside en la masa del vehículo 1 (por ejemplo, muchas veces no existe informaciones sobre la carga transportada por un vehículo).

Tabla N° 3. Cálculo modelo, en el cual la incertidumbre reside en la masa del vehículo 1.

m_2	m_2	a_1	a_2	b_1	b_2	x_1	x_2	adh	u_1	u_2	v_1	v_2	v_1	v_2	E%
1900	1200	0,00	90,00	30,00	45,00	8,00	12,00	0,80	11,31	13,86	15,98	18,75	57,53	67,49	0,48
1950	1200	0,00	90,00	30,00	45,00	8,00	12,00	0,80	11,31	13,86	15,82	18,98	56,96	68,34	0,48
2000	1200	0,00	90,00	30,00	45,00	8,00	12,00	0,80	11,31	13,86	15,67	18,22	56,42	69,18	0,48
2050	1200	0,00	90,00	30,00	45,00	8,00	12,00	0,80	11,31	13,86	15,53	19,45	55,90	70,03	0,48
2100	1200	0,00	90,00	30,00	45,00	8,00	12,00	0,80	11,31	13,86	15,39	19,69	55,41	70,88	0,48
2150	1200	0,00	90,00	30,00	45,00	8,00	12,00	0,80	11,31	13,86	15,26	19,92	54,94	71,73	0,48
2200	1200	0,00	90,00	30,00	45,00	8,00	12,00	0,80	11,31	13,86	15,14	20,16	54,49	72,58	0,48
2250	1200	0,00	90,00	30,00	45,00	8,00	12,00	0,80	11,31	13,86	15,92	20,40	54,07	73,42	0,49
2300	1200	0,00	90,00	30,00	45,00	8,00	12,00	0,80	11,31	13,86	14,90	20,63	53,66	74,27	0,49

Fuente. Negrini Neto Osvaldo. **Dinámica dos Accidentes de Tránsito. Tercera. Edición. Editorial Millenium Brasil (2009).**

Las soluciones son proporcionadas en m/s y km/h y están asociadas al valor de la masa incorrecta. La última columna muestra el valor de la energía disipada en el accidente, admitida como consecuencia de las deformaciones de los vehículos, que puede ser usada como parámetro de control.

La premisa básica para el uso del software es que el usuario tenga los conocimientos básicos de la Física Aplicada y los principios referentes a los levantamientos de locales proporcionados normalmente en cursos de formación para Perito Criminal. Así, el software se vuelve una herramienta adecuada para el estudio sobre las causas del accidente. El programa puede ser visto como una planilla dinámica, o sea, es la PAT (Planilla de Accidentes de tránsito).

Tabla N° 4. Ejemplo de análisis de accidente de tránsito con base en la planilla de cálculos, donde son calculadas las velocidades directamente por el software.

v_1	v_2	$v_1(k)$	$v_2(k)$	TR	D_1	T_1	V_1	$V_1(K)$	D_2	T_2	V_2	$V_2(K)$	D_{2min}	D_{1min}
15,98	18,75	57,53	67,49	1,50	30,10	1,85	12,94	46,59	28,12	1,15	12,31	44,31	34,73	18,33
15,82	18,98	56,96	68,34	1,50	30,75	1,90	13,15	47,33	28,47	1,10	12,42	44,72	36,16	17,36
15,67	19,22	56,42	69,18	1,50	31,40	1,95	13,35	48,07	28,83	1,05	12,54	45,13	37,52	16,4
15,53	19,45	55,90	70,03	1,50	32,05	2,00	13,55	48,80	29,18	1,00	12,65	45,52	38,92	15,52
15,39	19,69	55,41	70,88	1,50	32,70	2,05	13,76	49,52	29,53	0,95	12,76	45,92	40,33	14,65
15,26	19,92	54,94	71,73	1,50	33,36	2,09	13,96	50,24	29,89	0,91	12,88	46,33	41,74	13,81
15,14	20,16	54,49	72,58	1,50	34,01	2,14	14,16	50,96	30,24	0,86	12,99	46,74	43,16	13,01
15,02	20,40	54,07	73,42	1,50	34,67	2,19	14,35	51,68	30,59	0,81	13,10	47,16	44,58	12,23
15,90	20,63	53,66	74,27	1,50	35,34	2,23	14,55	52,39	30,95	0,77	13,21	47,56	46,02	11,47

Fuente. Negrini Neto Osvaldo. **Dinámica dos Accidentes de Tránsito. Tercera. Edición. Editorial Millenium Brasil (2009).**

Este software se propone en presentar al estudio de las colisiones de dos vehículos en los casos de accidentes de tránsito calculando las velocidades desarrolladas por los vehículos en el momento del impacto, basado en la conservación de la cantidad de movimiento. El programa fue hecho en Visual Basic 5 de Microsoft.

Procedimiento para el uso: En formulario propio proporcionado a través del menú el usuario informa los siguientes datos:

La identificación de los vehículos

- Matricula identificadora para individualización del vehículo
- Marca del fabricante
- Modelo del fabricante
- Masa en kilogramo

- Del vehículo
- De los pasajeros
- De las cargas

Condiciones y tipo de la calzada

- Asfalto
- Ripio
- Tierra
- Húmedo
- Seco
- Otras

Estado de conservación

- Bueno
- Regular
- Pésimo

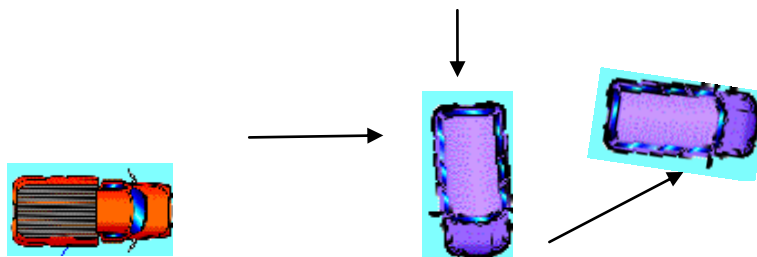
Recopiladas las informaciones, el software verifica un banco de datos proporcionados, calculando la adherencia de la calzada si corresponde a las características de la calzada y del vehículo. Luego, el usuario, en un entorno gráfico y con el auxilio del mouse y del evento “arrastra y suelta”, coloca los vehículos-objeto en la posición relativas conforme al ángulo asumidos por estos antes del impacto. Los vehículos deben ser orientados en relación a un sistema de ejes cartesianos, teniendo su origen en el sitio de la colisión (punto 0,0). Además con el auxilio del mouse, el usuario posiciona los vehículos en los puntos de inmovilización asumidos después del impacto, medidos los ángulos en el sentido anti-horario en relación al eje imaginario “X” y la distancia (en metros) del sitio de la colisión. De forma inmediata, el software calcula la velocidad de cada vehículo en la inminencia del impacto. Incluso durante el evento “arrastrar y soltar, a cada configuración asumida por el dibujo y mostrado al usuario la distancia a partir del sitio de la colisión en metros, ángulos y velocidades de impacto, facilitando la visualización de la posición de los vehículos.

Un banco de datos de reconstrucción geométricas de los carriles como el diversos desarrollos topográficos ayuda a crear el ambiente del accidente de modo a permitir una visión real. Tomándose cuadros sucesivos del evento, es posible reconstruir las diversas etapas del accidente. El programa no utiliza recursos de animación, pues esto no sería práctico para demostraciones en los tribunales.

Satisfecho con el resultado, el usuario tendrá como opción imprimir un relatório técnico y además guardar un archivo. Se trata de un programa de operaciones simples, con resultados inmediatos y precisos.

La Planilla del Accidente de Tránsito (PAT) hace el cálculo de velocidad considerando los vehículos como puntos materiales con toda la masa concentrada en el centro de gravedad. No es considerado la rotación la rotación que un vehículo sufre por el impacto del otro, como puede observarse en la ilustración de abajo.

Figura N° 6. Rotación de un vehículo después de recibir el impacto.



Fuente. Negrini Neto Osvaldo. *Dinámica dos Accidentes de Tránsito*. Tercera. Edición. Editorial Millenium Brasil (2009).

2.1.3.6 Programa informático Recforms 6.04

Recforms (programa de reconstrucción fórmula) ha sido creado como una ayuda a la reconstruccionnista de accidente, analista o investigador técnico en la toma de cálculos matemáticos relacionados con el campo de la reconstrucción.

Los usuarios de Recforms deben tener formación previa en el campo de la investigación de accidentes técnicos o reconstrucción de accidentes “Peritos”, tiene un formato fácil de usar, tiene más de 60 ecuaciones diferentes,

incluyendo: Momentum (360° y Análisis de la suma vectorial), el cambio de peso en mano de distancia Velocidad, velocidad combinada, las fórmulas de los peatones, los datos de adelantamiento, la sangre / alcohol fórmulas, funciones trigonométricas, fórmulas de camiones , y mucho más. Guardar y cargar los datos del proyecto o mapas de bits de pantalla en el portapapeles para su uso en procesamiento de textos, crea e imprime las tablas de la iteración de las ecuaciones de velocidad y el tiempo-distancia. Imprime los datos, texto y gráficos con su propio texto explicativo, es decir indican las formulas utilizadas por el software.

A continuación se muestra una lista de características que ofrece el software Recforms ecuación de reconstrucción:

- Formato fácil de usar permite Recforms a utilizar casi inmediatamente después de la instalación.
- Menú de nuevo diseño de formato.
- Imperial de EE.UU. y las mediciones métricas intercambiables.
- Más de 60 ecuaciones diferentes, incluyendo: Momentum (360° y Análisis de la suma vectorial), el cambio de peso en mano de distancia Velocidad, Velocidad hidroavión, velocidad combinada, las fórmulas de los peatones, los datos de adelantamiento, la sangre / alcohol fórmulas, funciones trigonométricas, fórmulas de camiones, y mucho más.
- Guardar y cargar los datos del proyecto o mapas de bits de pantalla en el portapapeles para su uso en procesamiento de textos.
- Crea e imprime las tablas de la iteración de las ecuaciones de velocidad y el tiempo / distancia.
- Realiza controles de sensibilidad para evaluar las variaciones en los datos de entrada, e imprime una tabla de resultados.
- Imprime los datos, texto y gráficos con su propio texto explicativo.
- Pantallas y gráficos grabados en el "cambio de velocidad" y las ecuaciones de "impulso".²³

²³ <http://www.dynamicro-animations.com/software.php>

2.1.3.7 Programa informático Calc Zone

Zona Calc Pro es la nueva generación de software de cálculo de Reconstrucción de Accidentes. No hay otro programa como éste en el planeta. Calc Zona Pro ha sido diseñado y desarrollado por profesionales del reconstruccionista de accidentes y, por tanto, diseñado con la comodidad y la precisión en la mente. Este software hace que la reconstrucción de accidentes mucho menos tiempo con sus aplicaciones diferentes. Tanto en reconstrucción de experimentados y novatos se encuentra el programa sin duda útil y fácil de usar. Con los resultados el botón derecho del ahora y la simple capacidad total de Matemáticas de informes, la reconstrucción de accidentes nunca ha sido tan organizado. Paso a paso las ecuaciones matemáticas pueden ser fácilmente copiados en su informe, por lo que no tendrá que preocuparse por tratar de recordar cómo se calcula su derivada semana los resultados o incluso meses en el camino durante las deposiciones o de la corte. Una gran influencia para el desarrollo de este programa se basa en la Universidad del Norte de la Florida, Instituto de Tecnología de la Policía y las enseñanzas de gestión. También se han considerado e incluido las ecuaciones de uso general del Instituto de Tráfico de la Universidad Northwestern.

Las ecuaciones utilizadas en Calc Zone se pueden encontrar en uno o más de los siguientes libros de textos: Fundamentals of Traffic Crash Reconstruction: Volume 2 of the Traffic Crash Reconstruction Series by John Daily, Nathan Shigemura, Jeremy Daily, Fundamentals of Applied Physics for Traffic Accident Investigators by John Daily and Nathan S. Shigemura, Formula Workbook for Traffic Accident Investigation and Reconstruction by Gary L. Stephens, Advanced Traffic Crash Analysis by Neil F. Robar and George L. Ruotolo, Equation Directory for the Reconstructionist by Daniel J. Parkka, IPTM Equation Manual, Attained from Attending IPTM Crash Investigation and Reconstruction Classes, Traffic Accident Reconstruction(VOL2 Of TCI), Traffic Collision Investigation (New Traffic Accident Investigation Manual).

Calc Zone permite al usuario crear sus propias plantillas para que sus casos sean coherentes. Con las plantillas, se puede configurar una guía para la forma en

que su equipo crea sus informes. Aunque cada caso es diferente, existen procedimientos estándar para la constitución de un informe de la reconstrucción del accidente. Nosotros usamos las plantillas, no sólo para mantener la consistencia en nuestro informe, pero también están llenas de instrucciones y directrices de procedimiento.

Las plantillas son útiles para reconstruccionistas de todos los niveles de experiencia, pero sobre todo para alguien nuevo en el campo. No sólo puede crear una plantilla propia y única, también pueden compartir sus plantillas en línea con los demás. Edición de las plantillas existentes es fácil. La creación de plantillas de instrucción para todo el equipo a utilizar le ahorrará un tiempo considerable en el futuro.

El programa cuenta con varias formas construidas en lo que pueden manejar la información básica sobre el accidente, tales como, lugar del accidente, fecha y hora. También puede incluir información sobre los vehículos, conductores y ocupantes de la misma manera que en un informe policial. No hay límite al número de formas que puede agregar. También puede agregar notas, opiniones y conclusiones a cualquier apartado o el informe en su conjunto. Simplemente haga clic en cualquiera de las formas para empezar. Al igual que cualquier fórmula, las formas pueden ser guardadas en el proyecto y se editó, o cambiar de nombre en cualquier momento. También cuenta con una base de datos de especificaciones del vehículo y la Investigación. Importantes mejoras en las especificaciones del vehículo y la base de datos de la investigación se han hecho. Usted puede agregar inmediatamente sus especificaciones del vehículo para su proyecto con un solo clic y con un solo clic más que acceder a todos los cuatro de las bases de datos de investigación de NHTSA “National Highway Traffic Safety Administration”.²⁴

²⁴ <http://www.calczonepro.com> Bobby Jones and Associates, Inc.

2.2. MARCO LEGAL

2.2.1 Constitución Nacional

2.2.1.1 Artículo 175 De La Policía Nacional

La Policía Nacional es una institución profesional, no deliberante, obediente, organizada con carácter permanente y en dependencia jerárquica del órgano del Poder Ejecutivo encargado de la seguridad interna de la Nación.

Dentro del marco de esta Constitución y de las leyes, tiene la misión de preservar el orden público legalmente establecido, así como los derechos y la seguridad de las personas y entidades y de sus bienes; ocuparse de la prevención de los delitos; ejecutar los mandatos de la autoridad competente y, bajo dirección judicial, investigar los delitos. La ley reglamentará su organización y sus atribuciones.

El mando de la Policía Nacional será ejercido por un oficial superior de su cuadro permanente. Los policías en servicio activo no podrán afiliarse a partido o a movimiento político alguno, ni realizar ningún tipo de actividad política.

La creación de cuerpos de policía independientes podrá ser establecida por ley, la cual fijará sus atribuciones y respectivas competencias, en el ámbito municipal y en el de los otros poderes del Estado.

2.2.2 Código Procesal Penal

2.2.2.1 Artículo 214. Pericia

Se podrá ordenar una pericia cuando para descubrir o valorar un elemento de prueba sea necesario poseer conocimientos especiales en alguna ciencia, arte o técnica. La prueba pericial deberá ser practicada por expertos imparciales, objetivos e independientes.

2.2.2.2 Artículo 215 Calidad Habilitante

Los peritos deberán ser expertos y tener título habilitante en la materia relativa al punto sobre el que dictaminarán, siempre que la ciencia, arte o técnica estén reglamentadas. En caso contrario deberá designarse a persona de idoneidad manifiesta. No regirán las reglas de la prueba pericial para quien declare sobre hechos o circunstancias que conoció directamente aunque utilice para informar las aptitudes especiales que posee en una ciencia arte o técnica. En este caso regirán las reglas de la prueba testimonial.

2.2.2.3 Artículo 223 Dictamen Pericial

El dictamen será fundado y contendrá una relación detallada de las operaciones practicadas y sus resultados, las observaciones de las partes o de sus consultores técnicos y las conclusiones que se formulen respecto de cada tema estudiado, de manera clara y precisa.

Los peritos podrán dictaminar por separado cuando exista diversidad de opiniones entre ellos. El dictamen se presentará por escrito firmado y fechado, sin perjuicio del informe oral en las audiencias.

2.2.3 Código Penal Paraguayo

2.2.3.1 Artículo 17 Conducta Dolosa y Culposa

1° Cuando la ley no sancionara expresamente la conducta culposa, será punible sólo la conducta dolosa.

2° Cuando la ley prevea una pena mayor para los hechos punibles con resultados adicionales, respecto a dicha consecuencia, ella se aplicará al autor o partícipe cuando su conducta haya sido dolosa o culposa.

2.2.3.2 Artículo 217 Exposición a Peligro en el Tránsito Terrestre

El que dolosa o culposamente:

1. condujera en la vía pública un vehículo pese a no estar en condiciones de hacerlo con seguridad a consecuencia de la ingestión de bebidas alcohólicas u otras sustancias enajenantes, de defectos físicos o síquicos, o de agotamiento.

2. condujera en la vía pública un vehículo automotor pese a carecer de la licencia de conducir o existiendo la prohibición de conducir señalada en el artículo 58 o habiendo sido privado del documento de licencia; o

3. como titular del vehículo tolerara la realización de un hecho señalado en los numerales anteriores, será castigado con pena privativa de libertad de hasta dos años o con multa.

2.2.4 Ley 222 Orgánica de la Policía Nacional

2.2.4.1 Artículo 11 El Personal de La Policía Nacional

El personal de la policía nacional en servicio activo no puede ejercer ninguna función pública o privada, remunerada o no, ni afiliarse a ningún partido o movimiento político. Se exceptúan a la docencia y la investigación científica. Las actividades de carácter gremial tales como circulo de oficiales, circulo de sub-oficiales, asociaciones de empleados, cooperativas y fundaciones, también quedaran exceptuadas, siempre que tales actividades sean a tiempo parcial y no sean remuneradas.

El comandante, el sub-comandante y los miembros que integran los Órganos contemplados en el Artículo 154 de la presente Ley, no podrán ejercer las actividades de carácter gremial indicadas en el párrafo anterior.

2.2.5 Ordenanza N° 479/10 “Reglamento General de Tránsito de la Ciudad de Asunción”

2.2.5.2 De la Velocidad

Art. 136° Ninguna persona debe conducir un vehículo a una velocidad mayor de la que sea razonable y Cont. Ord. N° 479/10 47 prudente, bajo las

condiciones existentes, debiendo considerar los riesgos y peligros presentes y los posibles. En todo caso, la velocidad debe ser tal que permita controlar el vehículo cuando sea necesario, para evitar accidentes. (Su inobservancia constituye falta gravísima).

Art. 137° Cuando no existan los riesgos o circunstancias señaladas a continuación, la velocidad máxima permitida será de:

- a) 60 Km/h en las avenidas.
- b) 50 Km/h en calles asfaltadas u hormigonadas.
- c) 30 Km/h en calles empedradas o terraplenadas.

La Intendencia Municipal queda facultada para establecer la velocidad por debajo o por arriba de 60 Km/h de acuerdo a las características y necesidades de la vía de que se trate.

Art. 138° El conductor de un vehículo deberá conducirlo a una velocidad reducida al ingresar a un cruce de calles o avenidas, cuando se aproxime o vaya por una curva, en pendientes pronunciadas, cuando esté lloviendo o la vía esté mojada, cuando conduzca sobre cualquier calle angosta o sinuosa y cuando se transporte una carga peligrosa o pesada. En este último caso, no se podrá circular a más de 30 (treinta) Km/h. (Su inobservancia constituye falta gravísima).

Art. 139° En las avenidas y vías preferenciales debidamente señalizadas no se deberá conducir un vehículo a una velocidad tan baja que impida el desplazamiento normal y adecuado de la circulación, salvo las circunstancias previstas en el Art. 138.

La Intendencia Municipal, en tales vías, podrá fijar velocidades mínimas, por debajo de las cuales ningún conductor deberá circular.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque Metodológico

El enfoque fue cuali-cuantitativo, pues enfatizó la descripción de las características propiedades y atributos de la utilización de los programas informáticos para la investigación de accidente de tránsito: los datos obtenidos serán cuantificados en tablas y gráficos.

El diseño fue del tipo no experimental pues no se manipuló deliberadamente variables, se trató de una investigación donde no se variaron intencionalmente variables, porque se observaron los fenómenos tal como se dan en su contexto natural, y luego fueron analizados.

El nivel fue descriptivo, porque se estudió la utilidad de los programas informáticos para la investigación de accidentes de tránsito, las diferencias que existen en el cálculo de velocidad con relación a los cálculos realizados en forma manual.

3.2 Área de Estudio

El área de estudio abarcó la Sección de Accidentología Vial que se encuentra en la División Criminalística del Departamento de Investigación de Delitos de la Policía Nacional, situada en las calles Azara y Estados Unidos, de la ciudad de Asunción.

3.3 Delimitación Temporal

De acuerdo con el alcance temporal el diseño fue de corte transversal pues los datos fueron recolectados de una sola vez entre los meses de febrero a julio de 2011.

3.4 Población y Muestra

Se tomaron 10 casos de accidentes de tránsito de la sección Accidentología Vial.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Las técnicas que fueron utilizadas para la recolección de datos fueron encuestas con preguntas cerradas a los profesionales de la sección Accidentología Vial, recopilación documental a través de libros, páginas web, revistas, informes periciales. Se utilizaron dos programas informáticos para cálculo de velocidad, dos de Estados Unidos CALC ZONE y Recforms 6.04 y otro de Brasil denominado VELOCALC, para poder realizar las comparaciones correspondientes entre los resultados obtenidos de los casos tomados de la Sección Accidentología Vial.

Análisis de datos, se realizó encuestas a peritos accidentólogos de la Policía Nacional, para conocer el interés de los mismos sobre la utilización de programas informáticos en la investigación de accidentes de tránsito.

Para concluir con la redacción del trabajo final se utilizó el procesador de texto Word, para el proceso de los datos la planilla electrónica Excel.

La representación de los resultados se muestra a través de tablas, gráficos e ilustraciones.

CAPITULO IV: MARCO ANALÍTICO

4.1. Procesamiento

En esta investigación se demostró la importancia de la aplicación de los programas informáticos en la investigación de los accidentes de tránsito, que implica para el perito en accidentología un conocimiento más amplio sobre todo lo que refiere a la física forense y mecánica, puesto que se hace poco análisis del lugar del hecho y de los daños presentes en los vehículos involucrados, como ser el ángulo de formación de los daños, esto es debido a que se necesita más instrumentales técnicos.

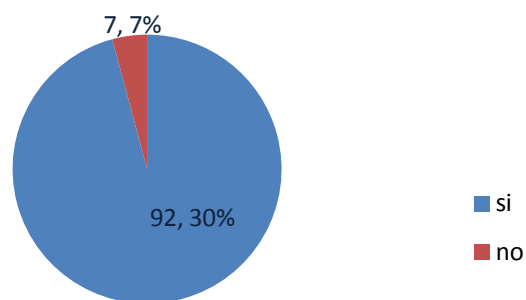
Se realizaron algunas comparaciones de los resultados obtenidos por el método tradicional realizado por los peritos de la sección Accidentología Vial de la Policía Nacional y por el programa para cálculo de velocidad CALC ZONE, RECFORMS 604 y VELOCALC, donde se pudo observar diferencias en los resultados de velocidad, esto fue porque el Perito no tomó todos los decimales y no realizó una medición exacta de todo el lugar del hecho, atendiendo que estos programas necesitan de datos que en muchos de los casos los Peritos de la Sección Accidentología no lo toman en cuenta por considerar que no les serán útiles, en casi todos los informes a los que el investigador pudo acceder, en muy pocos casos se realizaron las mediciones de las distancias post-impacto en una colisión perpendicular.

4.2. Análisis e Instrumentos de Recolección de Datos

4.2.1 Encuesta cerrada realizada a 24 Peritos Accidentólogos de la Policía Nacional obteniendo los siguientes resultados.

Se realizó una encuesta cerrada de 12 preguntas, de las cuales el investigador tomo solo 8, interpretando los siguientes datos que se pueden visualizar a continuación.

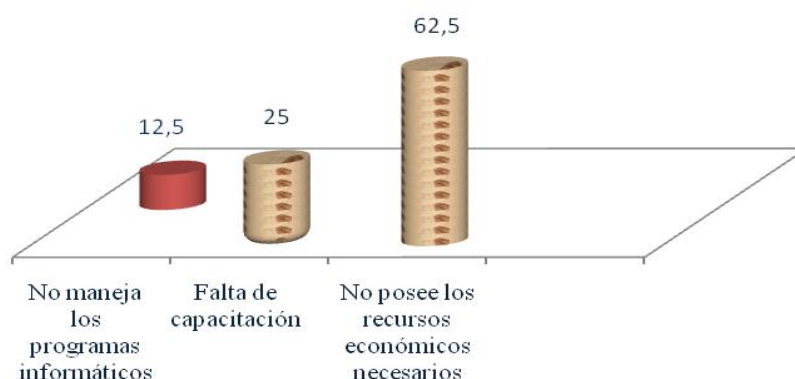
Gráfico N° 7. Porcentaje sobre el conocimiento que tienen los peritos sobre la existencia de programas informáticos para cálculo de velocidad en investigación de accidentes de tránsito.



Fuente: Elaboración propia del investigador, según datos tomados de la encuesta.

De los 24 encuestados, 92,30 % dijeron conocer la existencia de programas informáticos utilizados como herramienta auxiliar en la investigación y reconstrucción de los accidentes de tránsito y el 7,7 % dijo no conocer. Esto nos indica que la mayoría tiene algún conocimiento sobre estos softwares, y la intención de pasar del método tradicional a técnicas más complejas, para de esa forma ponerse a la altura de los investigadores de siniestros viales de los vecinos países como Argentina, Brasil, Colombia, Venezuela y de los dos países más avanzados y si se podría decir los mentores de estos programas Estados Unidos y Canadá.

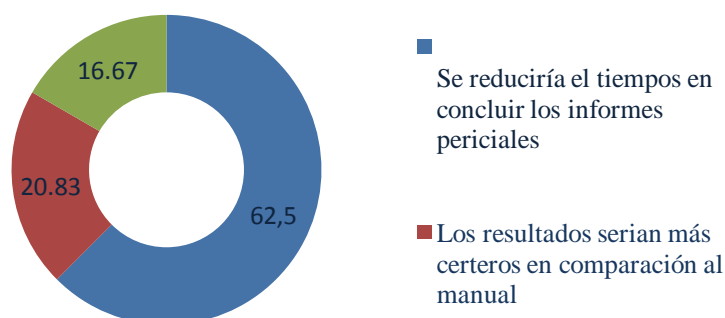
Gráfico N° 8. Porcentaje de los que tienen los peritos accidentólogos obstáculos para poder utilizar los programas informáticos.



Fuente: Elaboración propia del investigador, según datos tomados de la encuesta.

De los resultados obtenidos en las encuestas se pudo demostrar que el principal obstáculo para poder acceder y utilizar algún programa informático es la falta de recursos económicos, seguido por la falta de capacitación y la falta de capacitación en el uso de los programas como se puede observar en porcentaje en la figura de arriba.

Gráfico N° 9. ¿Cuáles son sus expectativas en relación a la utilización de los programas informáticos para cálculo de velocidad en la sección accidentología vial de la Policía Nacional?



Fuente: Elaboración propia del investigador, según datos tomados de la encuesta.

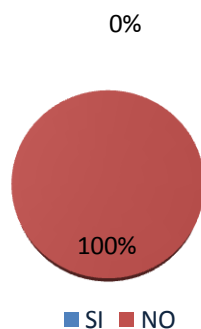
Según la respuesta de las mayorías de los peritos accidentólogos encuestados, esperan, que con la utilización de estos softwares, se reduzca el

tiempo en concluir los informes periciales y entregar en la mayor brevedad posible a aquellos que las requieran. En casos de accidentes muy complejos un profesional perito accidentólogo precisa de horas y horas de trabajo para calcular la velocidad aproximada de desplazamiento del o los vehículos protagonistas del siniestro vial y con una mínima desconcentración podrían llegar a equivocarse en sus conclusiones.

El 16.67 % creen que los resultados obtenidos por estos programas dejarían menor lugar a dudas, pues todo dependerá de la capacitación y manejo de estas herramientas, demostrando así su profesionalismo.

El 20.83 % vaticina sin conocimiento previo de la exactitud que podrían tener los resultados de estos programas, referente a este tema se puede ver en los casos estudiados que existe una diferencia considerable.

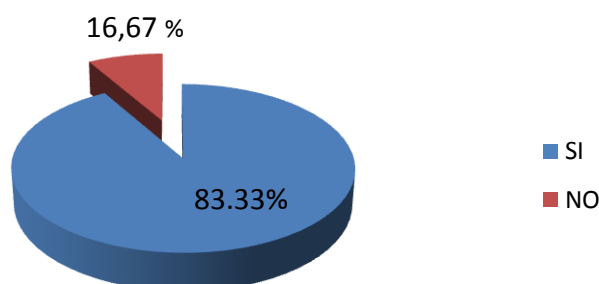
Gráfico N° 10. ¿Ya ha utilizado algún programa informático para cálculo de velocidad en accidentología vial para elaborar algún informe pericial accidentológico?



Fuente: Elaboración propia del investigador, según datos tomados de la encuesta.

Según este gráfico se puede observar que el 100% de la población encuestada no ha utilizado ningún programa para cálculos de velocidades de los vehículos involucrados en algún hecho de tránsito terrestre, cabe mencionar que la sección accidentología, ni los peritos accidentólogos de la Policía Nacional no cuentan con esta herramienta auxiliar de investigación.

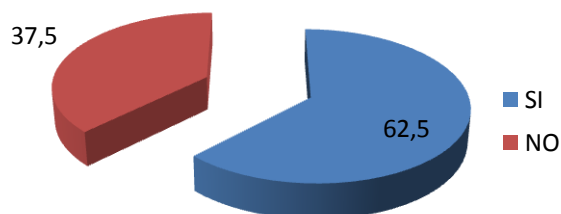
Gráfico N° 11. ¿Se logrará implementar como herramienta auxiliar en la investigación de accidente de tránsito terrestre?



Fuente: Elaboración propia del investigador, según datos tomados de la encuesta.

El 83,33% de los peritos accidentólogos de la Policía Nacional respondieron en que sí se lograría implementar como elemento auxiliar en la investigación de accidentes de tránsito los programas informáticos y tan solo el 16,67 % dijeron que no empleará su utilización, en post del avance de la criminalística en Paraguay.

Gráfico N° 12. ¿Tiene conocimiento de que estos programas informáticos traen consigo base de datos y especificaciones técnicas de casi todas las marcas y modelos de vehículos existentes en el mercado?

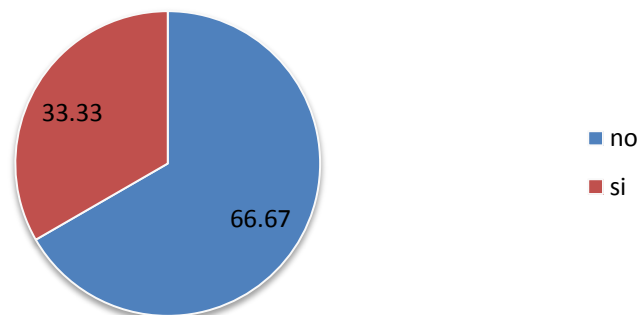


Fuente: Elaboración propia del investigador, según datos tomados de la encuesta.

Se puede distinguir en esta gráfica que existe un gran interés sobre estos programas, puesto que el 62,5 % encuestados ya tenían conocimiento de las

cualidades de las misma, como ser las especificaciones técnicas de los distintos modelos y marcas de vehículos, como su peso, dimensión, distancia entre eje y eje, etc. Esto nos indica que la mayoría ya estaba investigando en alguna página Web sobre lo que se puede conseguir con la utilización de estos programas y los beneficios que se puede obtener de ellos. Y el 37,5 % de los encuestados desconoce que traen consigo especificaciones técnicas de todas las marcas y modelos de casi todos los vehículos existentes en el mercado desde el año 1977 en adelante hasta el 2011. Los beneficios serian enormes para los peritos accidentólogos de la Policía Nacional al contar como herramienta de trabajo en la investigación de accidentes de tránsito.

Gráfico N° 13. ¿Usted cree que tendría diferencias los resultados de velocidad arrojados por estos programas informáticos en comparación con los cálculos manuales?

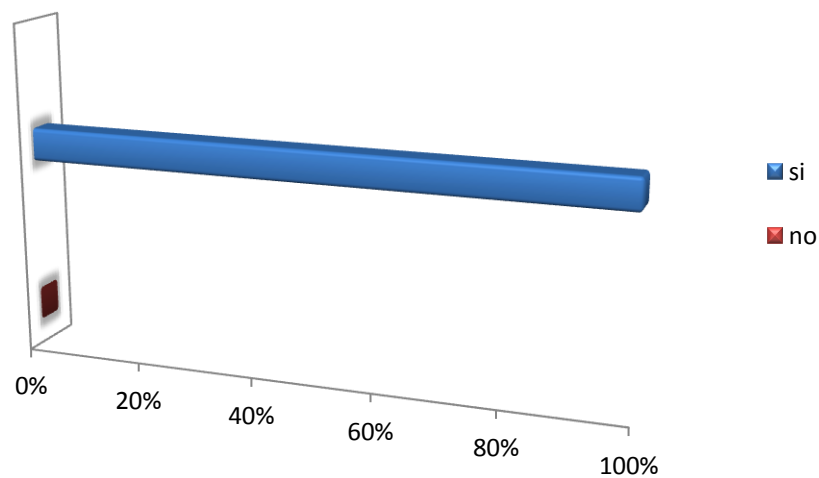


Fuente: Elaboración propia del investigador, según datos tomados de la encuesta.

Según el 66.67 % de los encuestados creen que los resultados obtenidos por estos programas informáticos en comparación con los cálculos manuales no tendrían diferencias, en este trabajo se pudo refutar la apreciación de la población, puesto que existen diferencias en los cálculos, esto fue debido a que algunos datos importantes no se ha tomado en cuenta o en algunos casos en el programa se utilizan otras fórmulas físicas-matemáticas que los peritos accidentólogos no acostumbran a utilizar, ya sea por desconocimiento o por su complejidad.

Y el 33,33 % dijeron que los resultados arrojados por estos programas tendrían diferencias, cabe acotar que toda máquina necesita indefectiblemente de la mano del hombre para poder funcionar, y si en algún momento dado el perito accidentólogo se equivoca al agregar algunos datos que no corresponden al suceso investigado, se obtendrán datos falsos que podrían ser anulados por los órganos encargados de administrar justicia, y se echaría a perder horas de trabajo realizado, como así también poner en duda la dinámica del accidente. Si esto llegare a ocurrir el profesional pierde prestigio, credibilidad y seriedad en su labor.

Gráfico N° 14. ¿A su parecer sería factible la utilización de programas informáticos para la investigación de accidentes de tránsito terrestre en la Sección Accidentología Vial de la Policía Nacional?



Fuente: Elaboración propia del investigador, según datos tomados de la encuesta.

La totalidad de los peritos coincidieron en sus respuestas creen que sería factible la utilización de programas informáticos para la investigación de accidentes de tránsito terrestre en la sección accidentología vial de la Policía Nacional. A través de los datos obtenidos se puede llegar a la conclusión de que los peritos no cuentan con los recursos económicos para poder adquirirlos por su

cuenta, todo dependerá de la buena voluntad de los superiores de turnos que se encuentran al mando de la institución, no solo en criminalística metropolitana se debería implementar como herramienta de trabajo, sino debería llegar a todas las regionales distribuidos en todo el territorio paraguayo.

No debemos olvidar que para adecuarse a los avances informáticos se necesita una buena inversión económica, y una capacitación constante para no quedarse estancado en el tiempo. La forma más popular de la formación es autodidacta. Por leer el tutorial del programa y de referencia materiales disponibles, un investigador con frecuencia pueden aprender a utilizar el programa de manera satisfactoria. Sin embargo, este tipo de formación lleva tiempo, y los errores suelen ocurrir a lo largo del camino.

4.3. Estudios de accidentes de tránsito y comparación de resultados de acuerdo con tipo de accidente investigado

4.3.1. CASO 1. “Accidente de tránsito terrestre tipo atropello (impacto entre un vehículo en movimiento contra la humanidad de un transeúnte o peatón con derivación fatal”.

a) Participantes del Hecho:

Participante N° 1: Automóvil marca Nissan, tipo Tiida, color blanco, chapa N° BCB-XXX Py.

Participante N° 2: Peatón, N.N.

Lugar en donde ocurrió el accidente, Km 11 de la Ruta N° 9 Don Carlos A. López C/ Tte Monges, ocurrido en fecha 07/04/2011 siendo las 05:30 horas aproximadamente.

b) Cálculo de la Determinación de Velocidad por Impacto Contra un Peatón.

Para la determinación de la velocidad en el caso de impacto de un vehículo contra un peatón, puede resolverse el problema como un caso de choque elástico

estudiándose por el teorema de la cantidad de movimiento que dice “La masa del vehículo por su velocidad será igual a la masa del vehículo más la masa del cuerpo que impacta multiplicado por la velocidad inicial, la velocidad inicial que será común a ambas:

$$Mv * Vv = (Mv + Mc) * Vo$$

Reemplazando los valores se tiene la fórmula:

$$Vv = \frac{(Mv * 0,75 + Mc)}{Mv * 0,75} * \sqrt{d \cdot g}$$

Donde= Vv= Velocidad del vehículo a calcular.

Mv= Masa del vehículo.

Mc= Masa del cuerpo de la víctima.

d= Distancia que fue lanzado el cuerpo de la víctima.

g= fuerza de gravedad 9,81 m/seg².

0,75= coeficiente de transmisión de energía cinética.

Datos obtenidos del lugar del hecho

- d = 75,00 m, lugar donde fue lanzado la víctima fatal posterior a la colisión.
- g = 9,81 M/seg²
- U = 0,90
- Peso del vehículo 1500 Kg / 9,81 m/s
- Peso de la víctima 85 Kg/ 9,81 m/s

$$Vv = \frac{\left(\frac{1500}{9,81} * 0,75 + \frac{85}{9,81}\right)}{\frac{1500}{9,81} * 0,75} * \sqrt{75 * 9,81}$$

$$Vv = \frac{123,3434}{114,6788} * \sqrt{75 * 9,81}$$

$$Vv = 1,075555 * 27,124712$$

$$Vv = 29,1741196$$

El resultado de la operación se multiplica por tres coma seis, para pasar de m/seg a Km/h, cuyo resultado es la velocidad de desplazamiento del vehículo.

$$V = 29,1741196 \text{ m/s} \times 3.6 = V = 105,026801 \text{ Km/hs.}$$

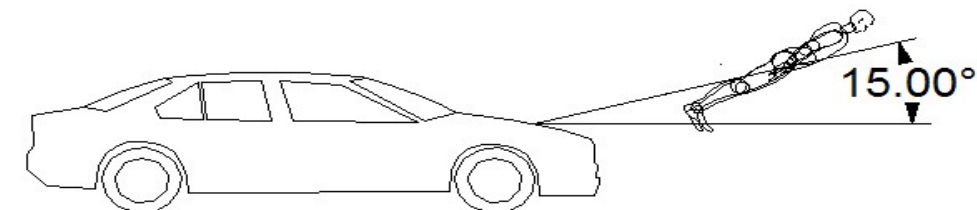
El perito obtuvo esta velocidad del posible desplazamiento del automóvil Nissan Tiida, utilizando el método tradicional basado en cálculos físicos matemáticos (datos levantados del lugar del hecho).

c) Cálculo de velocidad obtenido por el programa informático Calc Zone

Fundamento de la fórmula utilizado por el programa: Método de Searle, John A, velocidad de lanzamiento del peatón, los datos del programa se encuentran en inglés, los cuales fueron traducidos por el actor. El Valor de adherencia del peatón en asfalto es de $f = 0,66$ y en pasto es de $0,79$. La distancia de lanzamiento del peatón se obtiene midiendo, el espacio existente entre el punto de impacto y el descanso final. Esta es la velocidad de los peatones, después de ser golpeado por el coche, según el teorema de la conservación de la cantidad de movimiento.

El peatón por lo general no va a absorber el 100% de la velocidad del vehículo colisionante, las velocidades mínimas y máximas no tienen en cuenta el ángulo de lanzamiento. Un peatón en marcha normal puede tener un ángulo de lanzamiento de alrededor de 5 a 15 grados.

Figura N° 15. Forma de medir el ángulo de lanzamiento de un peatón desde el plano horizontal del vehículo.



Fuente. <http://calczonepro.com/support.html>

La deducción de las ecuaciones de la velocidad de proyección con que parte una partícula resulta doblemente indeterminada: no se conoce el ángulo que forma el vector velocidad inicial con la horizontal (?), y no se conoce la dinámica del movimiento una vez que el cuerpo toca el suelo.

Las ecuaciones de *Searle* resuelven el problema prescindiendo del detalle de ambos factores, con la determinación de un ámbito limitado por las velocidades mínima y máxima.

La velocidad más probable tiende a un valor minorado en una fracción de 0,66 y 0,79 que resulta siempre inferior a la unidad. Es decir que puede interpretarse que a medida que se incrementa el ángulo, crece la fracción de la longitud recorrida sin contacto con el piso ($\mathbf{u} = 0$, no se considera rozamiento en el aire), y disminuye el valor del módulo del vector velocidad inicial de proyección, necesario para recorrer la distancia S .

Searle establece una relación entre \mathbf{u} y el ángulo crítico A_{Cr} , tal que para un determinado valor del coeficiente de fricción existe un ángulo máximo que hace máximo el valor del módulo de velocidad de proyección, para un valor de proyección S dado.

Datos obtenidos para realizar el cálculo correspondiente:

Distancia: 75 metros

Adherencia en capa asfáltica del peatón: 0.66

Ángulo de salida 5Θ . Dicho valor fue utilizado para mera demostración, puesto que el actor no participo de la investigación en el lugar del hecho, además el perito accidentólogo no tuvo en consideración dicho dato.

Tabla N° 5. Variables utilizados por el programa Calc Zone traducido al español.

Variables y Constantes	Descripción	Unidad de medida
Constante calculado matemáticamente	254	
distancia de proyección del peatón	D	Metros
Vmax	Velocidad max	Km/h
Vmin	Velocidad min	Km/h
Factor de arrastre del Peatón	μ	
Angulo de salida	Θ	Grados

Fuente. <http://calzonepro.com/support.html>

Tabla N° 6. Los Valores de entrada en el programa Calc Zone.

Variable	Valor	Unidad de medida
Adherencia de Peatones	0.66	
Distancia de impacto para el descanso final	75	Metros
Ángulo de salida	5	Grados

Fuente. <http://calzonepro.com/support.html>

Tabla N° 7. Resultados arrojados por el programa Calc Zone.

Variable	Valor obtenido	Unidad de medida
Velocidad Mínima	93.603	km/h
Velocidad Máxima	112.129	km/h
Velocidad con ángulo	106.485	km/h

Fuente. <http://calzonepro.com/support.html>

Figura N° 16. Resultado del cálculo de velocidad de impacto del Peatón

Velocidad Mínima del Peatón

Velocidad Máxima del Peatón

$$S_{\min} = \sqrt{\frac{254 \times f \times D}{1 + f^2}}$$

$$S_{\max} = \sqrt{254 \times f \times D}$$

$$S_{\min} = \sqrt{\frac{254 \times 0.66 \times 75}{1 + 0.66^2}}$$

$$S_{\max} = \sqrt{254 \times 0.66 \times 75}$$

$$S_{\min} = \sqrt{\frac{12573}{1.435}}$$

$$S_{\max} = \sqrt{12573}$$

$$S_{\min} = \sqrt{8761.672}$$

$$V_{\max} = 112.129$$

$$V_{\min} = 93.603 \text{ km/h}$$

Fuente. <http://calczonepro.com/support.html>

Para calcular la velocidad mínima y la velocidad máxima de la velocidad aproximada de desplazamiento del vehículo colisionante, no se tiene en cuenta el ángulo de lanzamiento, cuyos resultados obtenidos se pueden observar más arriba, existiendo una diferencia de velocidad de 18.50919 km/h.

Realizar esta operación con el auxilio del software Calc Zone resulta más sencilla la operación, pues no es necesario manipular una calculadora científica, el cual conlleva una concentración al máximo del investigador, esto es debido que cada dato debe ser calculado en forma individual. Para calcular esta velocidad el perito debió obtener informaciones tales como el peso de la víctima, peso del vehículo involucrado, y dichos pesos fueron divididos por la fuerza de gravedad de la tierra "9.81". Obteniendo el perito de forma manual el siguiente resultado $V = 105,026801 \text{ Km/hs}$. Sin embargo para calcular con el programa informático se utilizó tan solo dos datos, la distancia de proyección y la adherencia del peatón en capa asfáltica. Se puede mencionar que existe una mínima diferencia de resultados entre ambos métodos.

Figura N° 17. Resultado del cálculo de velocidad de impacto del Peatón utilizado el Ángulo de salida

$$S_{ang} = \frac{\sqrt{254 \times f \times D}}{\cos \theta + (f \times \sin \theta)}$$

$$S_{ang} = \frac{\sqrt{254 \times 0.66 \times 75}}{\cos 5^\circ + (0.66 \times \sin 5^\circ)}$$

$$S_{ang} = \frac{\sqrt{12573}}{0.996 + (0.66 \times 0.087)}$$

$$S_{ang} = \frac{\sqrt{12573}}{0.996 + 0.057}$$

$$S_{ang} = \frac{112.129}{1.053}$$

Fuente. <http://calczonepro.com/support.html>

V.ang = 106.485 Km/h, resultado de velocidad obtenido utilizando el ángulo mínimo de lanzamiento del peatón de 5 °, el cual arroja una diferencia de resultado de 1,458199 km/h entre el cálculo manual y el cálculo arrojado por el software.

4.3.2. CASO 2. “Accidente de tránsito terrestre tipo colisión perpendicular

a) Lugar de hecho:

Eduardo Victor Haedo con la intercepción de la calle Nuestra Señora de la Asunción, ocurrido en fecha 23 de julio del año 2011 las 17:10 horas aproximadamente.

b) Vehículos Participantes

Vehículo 1 automóvil maraca Toyota tipo Fun Cargo, color gris modelo 2002, chapa N° xxx Py.

Vehículo 1 automóvil maraca Toyota tipo Fun Cargo, color azul modelo 2001 chapa N° xxx Py.

c) Datos obtenidos del lugar del hecho.

Peso vehículo 1 1500 kg

Peso vehículo 2 1500 kg

Distancia vehículo 1: 10,80 metros

Distancia vehículo 2: 6,50 metros

d) Fundamento de la fórmula para calcular velocidad en una colisión en marcha perpendicular:

Los vehículos al colisionar cambian sus direcciones, de acuerdo a la energía cinética de ambos. Y a mayor velocidad, menor desviación de su dirección original. Para encontrar la velocidad de los vehículos participantes es necesario realizar una serie de cálculos, como sigue:

- **Velocidad del vehículo uno después de la colisión:**

-

$$V_{3.1} = \sqrt{2 * g * u * d_1} \quad V_{3.1} = \sqrt{2 * 9,81 * 0,60 * 10,80} \quad \sqrt{127,1376}$$

$$V_{3.1} = 11,27 \text{ m/s} * 3,6 = 40,59 \text{ km/h}$$

- **Velocidad del vehículo dos después de la colisión:**

-

$$V_{3.2} = \sqrt{2 * g * u * d_2} \quad V_{3.2} = \sqrt{2 * 9,81 * 0,60 * 6,50} \quad V_{3.2} = \sqrt{76,518}$$

$$V_{3.2} = 8,74 \text{ m/s} * 3,6 = 31,46 \text{ km/h}$$

- **Velocidad del vehículo uno antes de la colisión**

$$V_1 = \frac{(m_1 + m_2) * v_{3.1}}{m_1} \quad V_1 = \frac{\left(\frac{1500}{9,81} + \frac{1500}{9,81}\right) * 11,27 \text{ m/s}}{\frac{1500}{9,81}}$$

$$V_1 = \frac{(152,9051 + 152,9051) * 11,27 \text{ m/s}}{152,9051} \quad V_2 = 22,54 * 3,6 = V_2 = 81,14 \text{ km/h}$$

- **Velocidad del vehículo dos antes de la colisión**

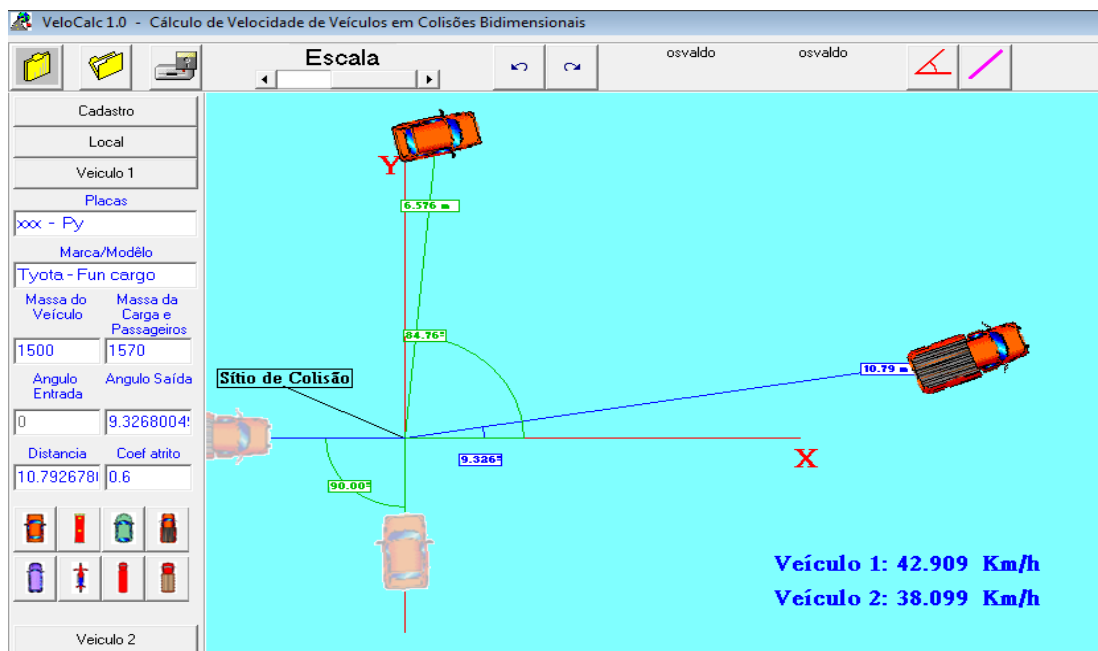
$$V2 = \frac{(m1+m2) \cdot v3.2}{m2} \qquad V2 = \frac{\left(\frac{1500}{9.81} + \frac{1500}{9.81}\right) \cdot 16.58.82 \text{ m/s}}{\frac{1500}{9.81}}$$

$$V2 = \frac{\left(\frac{1500}{9.81} + \frac{1500}{9.81}\right) \cdot 8.74 \text{ m/s}}{\frac{1500}{9.81}} \qquad V2 = \frac{(152.9051 + 152.9051) \cdot 8,74 \text{ m/s}}{152.9051}$$

$$V2 = 17.48 \cdot 3.6 = \mathbf{62.928 \text{ km/h}}$$

e) **Cálculo de velocidad realizado con el programa Velocalc 2.0, el mismo ya esta explicado en el punto 2.1.3.5**

Figura N° 18. Resultado de cálculo de adherencia arrojado por el programa Velocalc 2.0



Fuente. www.velocalc.com.br

Este software se propone en presentar el estudio de las colisiones de dos vehículos en los casos de accidentes de tránsito calculando las velocidades desarrolladas por los vehículos en el momento del impacto, arrojado como resultado lo siguiente: El vehículo colisionante circulaba a una velocidad de 42,909 km/h, mientras que la calculada por el perito accidentólogo de la sección accidentología es de 81.14 km/h, obteniéndose una diferencia de 89.09 %, y el vehículo

colisionado a una velocidad de 38,099 km/h, y el resultado del informe pericial es de 62.928 km/h, notándose también una gran diferencia en la posible velocidad de desplazamiento del móvil, existiendo entre ambos resultados una diferencia del 65,16%. En el interfaz del programa se procedió a cargar los datos obtenidos del lugar del hecho, como la distancia de arrastre hasta la posición final de ambos vehículos, el peso de ambos vehículos con y sin el peso del conductor, pues en el informe pericial a la cual accedí indicaba que ambos conductores se encontraban solos y no transportaba ninguna carga o mercadería, además se debe agregar la adherencia de la calzada, para agregar el ángulo de entrada y salida de ambos vehículos se tuvo en cuenta el croquis hecho a escala por el perito accidentólogo, pues el programa permite calcular el ángulo con el simple movimiento del mouse haciendo una comparación de la posición final de ambos y teniendo en cuenta que se trata de una intercepción de 90° y de un solo sentido de circulación.

Figura N° 19. Datos ingresados en el programa Velocalc 2.0 para procesar resultado de las velocidades de los vehículos.

Veiculo 1		Veiculo 2	
Placas		Placas	
xxx - Py		xxx - Py	
Marca/Modêlo		Marca/Modêlo	
Toyota - Fun cargo		Toyota - Fun cargo	
Massa do Veículo	Massa da Carga e Passageiros	Massa do Veículo	Massa da Carga e Passageiros
1500	1570	1500	1570
Angulo Entrada	Angulo Saída	Angulo Entrada	Angulo Saída
0	9.3264992	90.0000101	84.764962
Distancia	Coef atrito	Distancia	Coef atrito
10.792669	0.6	6.5759496	0.60

Fuente. www.velocalc.com.br

En la figura N° 19, se puede visualizar los datos que se tuvo que cargar al software Velocalc para realizar las posibles velocidades de ambos vehículos antes de producirse la colisión.

Los vehículos deben ser orientados en relación a un sistema de ejes cartesianos, teniendo su origen en el sitio de la colisión (punto 0,0). Además con el auxilio del mouse, el usuario posiciona los vehículos en los puntos de

inmovilización asumidos después del impacto, medidos los ángulos en el sentido anti-horario en relación al eje imaginario “X” y la distancia (en metros) del sitio de la colisión. De forma inmediata, el software calcula la velocidad de cada vehículo en la inminencia del impacto. Incluso durante el evento “arrastrar y soltar, a cada configuración asumida por el dibujo y mostrado al usuario la distancia a partir del sitio de la colisión en metros, ángulos y velocidades de impacto, facilitando la visualización de la posición de los vehículos. Con este software solo se puede calcular colisiones bidimensionales.

4.3.3. CASO 3. Accidente Investigado: “Vehículo Frena Antes de la Colisión con el Detenido”.

a) Lugar de hecho:

Lugar donde ocurrió el accidente: Avenida “Mcal. Francisco Solano López” y San Martín, inspeccionado en fecha 03-06-2011, a las 04:00 horas.

b) Vehículos participantes:

Camioneta marca Toyota, tipo Hilux, doble cabina, año 2005, color blanco, matrícula N° XXX Paraguay, guiado por su propietario N.N, el mismo es el vehículo colisionante, y la camioneta marca BMW, tipo X5, año 2006, color gris metalizado, matricula N° NN, es el vehículo colisionado que se encontraba estacionada en el semáforo esperando la luz verde para avanzar.

c) Indicios Observados En El Lugar Del Hecho

En las fotografías tomadas del lugar inmediatamente posterior al accidente, sobre la calzada del carril sur, se observa un par de huellas de ronqueo de 22,15 metros y huella de frenada de 17,50 metros de la camioneta Toyota tipo Hilux antes de ir a impactar por la parte posterior de la camioneta BMW tipo X5.

d) Cálculo de la Velocidad de desplazamiento de los Vehículos Protagonistas.

Datos

- Distancia de huellas de frenada del vehículo Toyota tipo Hilux: 17,50 metros.
- Distancia de huellas de arrastre del vehículo BMW, tipo X5: 22,15 metros.

Se realizó prueba de ensayo para determinar el coeficiente de adherencia a una velocidad de 60 km/h, dando una distancia de 18 metros.-

e) Resolución y Fundamentos de la fórmula utilizada

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.

$$E_{c1} = E_f + E_{c2} \quad \text{Solo para el vehículo colisionante.}$$

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.

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

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

Coficiente de rozamiento de la calzada

$$\mu = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot d} \quad \mu = \frac{16.666^2}{2 \cdot 9.81 \cdot 18} \quad \mu = 0,78$$

$$v3a = \sqrt{2 * \mu * g * d} \quad v3a = \sqrt{2 * 0.78 * 9.81 * 22.15} = 18,411 \text{ m/s} * 3.6$$

$$v3a = 66.2796$$

$$v3b = \sqrt{\frac{2 * \mu * g * d * P1}{P2}} \quad v3b = \sqrt{\frac{2 * 0.78 * 9.81 * 22.15 * 1700}{1550}} \quad v3b = 19,281 \text{ m/s} * 3.6$$

$$v3b = 69.4116$$

$$v2 = \frac{(m1+m2) * v3}{m1} \quad v2 = \frac{\left(\frac{1550}{9.81} + \frac{1700}{9.81}\right) * 19,281}{\frac{1550}{9.81}} \quad v2 = 40,42 \text{ m/s} * 3.6$$

$$v2 = 145.512$$

$$v1 = \sqrt{2 * \mu * g * d2 + v2^2} \quad v1 = \sqrt{2 * 0.78 * 9,81 * 17,5 + (40,42)^2}$$

$$v1 = 43,60 \text{ m/s} * 3,6 = 156 \text{ km/h}$$

f) Caso 3: Analizado con el programa Recforms 6.04.

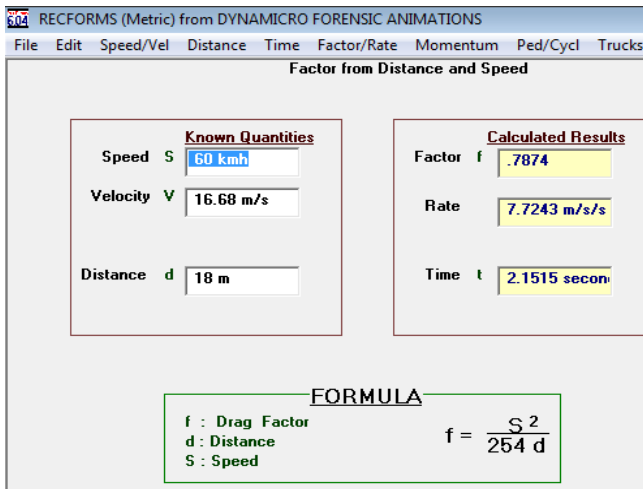
Recforms (programa de reconstrucción fórmula) ha sido creado como una ayuda a la reconstrucción de accidente, analista o investigador técnico en la toma de cálculos matemáticos relacionados con el campo de la reconstrucción. Los usuarios de Recforms deben tener formación previa en el campo de la investigación de accidentes técnicos o reconstrucción de accidentes “Peritos”, tiene un formato fácil de usar, tiene más de 60 ecuaciones diferentes, incluyendo: Momentum (360 ° y Análisis de la suma vectorial), el cambio de peso en mano de distancia Velocidad, velocidad combinada, las fórmulas de los peatones, los datos de adelantamiento, la sangre / alcohol fórmulas, funciones trigonométricas, fórmulas de camiones , y mucho más. Guardar y cargar los datos del proyecto o mapas de bits de pantalla en el portapapeles para su uso en procesamiento de textos, crea e imprime las tablas de la iteración de las ecuaciones de velocidad y el tiempo-distancia. Imprime los datos, texto y gráficos con su propio texto explicativo, es decir indican las formulas utilizadas por el software.

- **Calculo de adherencia datos de la prueba de ensayo:**

Velocidad: 60 km/h.

Distancia de frenada: 18 metros.

Figura N° 20. Resultado de cálculo de adherencia arrojado por el programa Recforms 6.04.



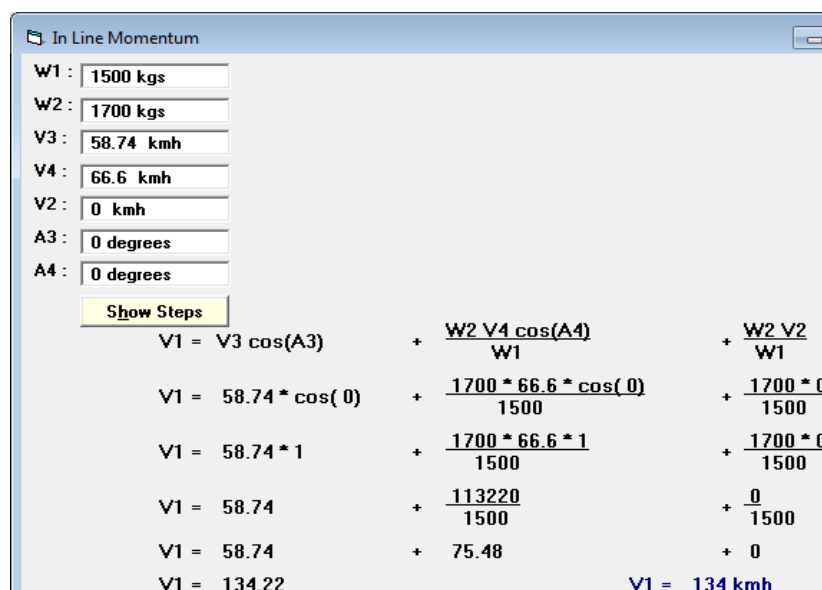
Resultado: 0.787

Tiempo de frenada 2.1515 s.

Fuente: <http://www.dynamicro-animations.com/> "Recformc 6.04"

Con este software el perito accidentólogo luego de realizar su prueba de ensayo solo precisa introducir la distancia de frenada y la velocidad con la que se desplazaba el móvil sobre la pista en cuestión y el programa automáticamente ya da el resultado de la adherencia de la superficie, además del tiempo insumido para la detención del vehículo y la velocidad en metros sobre segundo, además indica la fórmula utilizada para poder demostrar en el informe pericial.

Figura N° 21. Datos que se cargó y la fórmula que utiliza el software Recforms 6.04



Fuente: <http://www.dynamicro-animations.com/> "Recformc 6.04"

Para a realizar el cálculo de velocidad de los vehículos involucrados en las colisiones donde un vehículo colisiona con otro detenido o en colisiones frontales donde se conoce la velocidad de uno de los vehículos. Basado en los principios de conservación del movimiento. Se debe hacer un croquis a escala para determinar con precisión ángulos de aproximación y salida esto se puede hacer con una regla transportadora. En este tipo de accidente no es necesario agregar los ángulos de aproximación y salida de ambos vehículos, pues corresponde a una colisión antero posterior, por lo tanto se dejo en blanco dichos lugares como se puede observar en la figura 10, a más de la velocidad del vehículo colisionado por que el mismo se encontraba detenido, “V2, A3 Y A4”.

El software arrojo como resultado de la posible velocidad de circulación del vehículo colisionante 134 km/h y el perito obtuvo como resultado con el método tradicional una velocidad de 156 km/h, por tanto existe una diferencia de velocidad de 22 km/h entre ambos.

Figura N°22. Resultado arrojado por el software Recforms 6,04 en km/ y m/s.

The screenshot shows the 'IN LINE MOMENTUM' window of the Recforms 6.04 software. It includes a menu bar, a title bar, and a main input area. The input area is divided into 'Known Quantities' and 'Calculated Results'. The 'Known Quantities' section includes fields for Vehicle # 1 and Vehicle # 2, with values for Weight (W1, W2), Departure Speeds (S3, S4), Approach Speed of Vehicle 2 (S2), and Departure Angles (A3, A4). The 'Calculated Results' section shows the 'APPROACH SPEED Vehicle # 1' (S1) as 134.22 km/h and the 'Approach Velocity Vehicle # 1' as 37.31 m/s. A 'FORMULA' section at the bottom provides the equation for S1.

Known Quantities		Vehicle # 1	Vehicle # 2
Vehicle Weight	W1	1500 kgs	W2 1700 kgs
Departure Speeds	S3	58.74 kmh	S4 66.6 kmh
Approach Speed of Vehicle 2 (Negative if same direction as Vehicle 1)	S2	0 kmh	
Departure Angles	A3	0 degrees	A4 0 degrees

Calculated Results	
APPROACH SPEED	S1 134.22 kmh
Approach Velocity	Vehicle # 1 37.31 m/s

FORMULA

$$S1 = S3 \times \cos(A3) + \frac{S4 \times \cos(A4) \times W2}{W1} + \frac{S2 \times W2}{W1}$$

Fuente: <http://www.dynamicro-animations.com/> “Recformc 6.04”

Obteniendo el resultado de velocidad del vehículo colisionante se pueden calcular los siguientes datos que pueden ayudar a dar más luz sobre el accidente

de tránsito investigado como se podrá observar más abajo en las siguientes tablas que consta de tres procesos fundamentales.

Tabla N° 8. Resultado arrojado por software Recforms6.04 de la distancia necesaria para que el vehículo que circula a 134 km/h se detenga.

Variable	Valor	Unidad
Speed /veloc	134	km/h
Factor/ adherencia	0.78	g's
Variable	Valor	Unit
Distance/ distancia	90.631	Meters/ metros

Fuente: <http://www.dynamicro-animations.com/> “Recformc 6.04”

Tabla N° 9. Resultado arrojado por el programa Recforms 6.04 del tiempo de percepción y reacción

Variable/ variables	Value/ valor	Unit/ unidad
Distance/ distancia	90.631	Meters
Accel / Decel Factor/ adhere	0.78	g's
Variable/ variables	Value/ resultado	Unit/ unidad
Time	4.861	seconds

Fuente: <http://www.dynamicro-animations.com/> “Recformc 6.04”

Tabla N° 10. Resultado arrojado por el programa Recforms 6.04 del tiempo y distancia necesario para la detención total del vehículo

Variable/variables	Value / valores	Unit/ unidad
Speed/ velocidad	134	km/h
Friction/ adherencia	0.78	g's
Perception Reaction Time/ tiempo de percepción y reacción	4.861	Seconds/ segundos
Variable	Value/ resultados	Unit/ unidad
Perception	180.936	Meters/ metros
Braking/Distance/ distancia de frenada	90.631	Meters/ metros
Braking Time/ tiempo de frenada	4.867	Seconds/ segundos
Distance/ distancia total	271.568	Meters/ metros
Total Time/ tiempo total	9.728	Seconds/ segundos

Fuente: <http://www.dynamicro-animations.com/> “Recformc 6.04”

Según el resultado obtenido por el programa se puede acotar lo siguiente: A una velocidad de 134 km/h y una adherencia de la pista de 0.78, se necesita de 4.862 segundos para poder percibir, decidir y reaccionar, a más la distancia que uno necesita para reaccionar es de 180,936 metros, los frenos del vehículo dejara una marca de arrastre de 90 metros hasta la detención completa del móvil y el tiempo de frenada seria de 4.867 segundos, a esto se debe sumar la distancia de frenada mas la distancia de percepción y reacción el cual equivale a 271 m/s, y un tiempo total de 9.726 segundos. Esta demostración el perito no ha hecho en su informe pericial, por lo tanto es una mera demostración del investigador, con esto se trata de demostrar que cuando más técnico sea el informe pericial tendrá más poder de convencimiento sobre aquellos que accedan al informe, con esto uno demuestra su alta preparación en el área de la accidentología.

La percepción del tiempo de reacción (PTR) es el tiempo que transcurre entre la el punto de que el operador ve el peligro y cuando aplica la acción (de frenado, de dirección, etc), incluye los procesos de reconocimiento y la toma de decisiones, ambas funciones son extremadamente sensibles al sistema nervioso central. Mediciones (PTR) cubren una amplia gama de valores que dependen de la tarea de respuesta específica, la naturaleza del estímulo, la edad y condición física del sujeto y de muchos otros factores.

CONCLUSIONES

En la actualidad en la sección accidentología no se cuenta con ningún programa informático para cálculo de velocidad, y por ende ningún perito de esa repartición ha podido contar con el auxilio de un programa informático siquiera.

Cabe mencionar que la utilización de programas informáticos por los peritos de la sección Accidentología Vial de la Policía Nacional para la investigación de accidentes de tránsito es factible, pues los peritos tienen suficiente conocimiento de cómo proceder a levantar los indicios encontrados en el lugar del hecho, es decir realizar pruebas de ensayos tomar mediciones que el software precisa para poder procesar los resultados de las posibles velocidades del los vehículos involucrados en algún percance vehicular y de esa forma llegar a dilucidar las circunstancias que rodean al hecho.

Se encontró como principal obstáculos o impedimentos de los peritos accidentólogos para el uso de los programas informáticos, la falta de recursos económicos, seguido por la falta de capacitación y el no manejo de los programas.

Como principal ventaja y utilidad del programa informático es la rapidez con la que realiza los cálculos informáticos, seguido de los recursos que trae consigo como ser bases de datos de especificaciones técnicas de casi todas las marcas de vehículos existentes en nuestro mercado y la cantidad de formulas para diferente tipos de accidentes de tránsito, desde el más simple hasta los más complejos, se puede mencionar también que existe en el mercado un software denominado Aras 360 que está en versión español, los usuarios de Aras 360 tienen simulación 3D verdadera empotrada en un programa intuitivo. Para crear el croquis en minutos y correr poderosas simulaciones para ilustrar realmente los hechos de la escena.

Para las demostración correspondiente de los casos tomados de la sección accidentología se utilizó tres software de cálculo de velocidad estos son Velocalc,

Calc Zone y Recforms 6.04, esto fue porque los programas adquiridos por el investigador no son tan sofisticados, en tanto no trae consigo todas las soluciones posibles para todos los casos de accidentes de tránsito. El valor mínimo con la que puede ser adquirido es de 100 dólares americanos en adelante y debe ser adquirido del exterior por que no existe representante de ningún software en el país.

Implementar los programas informáticos como herramienta auxiliar en la investigación de accidentes de tránsito será de gran ayuda para el personal perito, pues se disminuiría considerablemente el tiempo que insume en realizar un cálculo físico matemático en forma manual, además difícilmente se podrá cometer errores en los cálculos, toda vez que los datos tomados del lugar del hecho hayan sido analizados y documentados minuciosamente.

RECOMENDACIONES

En el momento de elegir el Software, se debe de revisar las alternativas y comparar los costos y beneficios. Aunque un software típico puede costar menos. En la selección de software, tenga en cuenta los efectos que podría tener en otros aspectos de su práctica de investigación de accidentes. Pedir para una demostración del programa, para ver lo que está compra. Saber cómo se usa el programa y ver en realidad cómo la información se introduce y se muestran los resultados aumentará en gran medida de su comprensión del programa y qué tan bien se adapta a sus necesidades. Una demostración es también útil cuando se confirma la compatibilidad con un potencial de su procesador.

Nunca utilizar programas craqueados o pirateados (sin licencia del proveedor). Aunque estos programas pueden representar un ahorro significativo y se anuncia como un "auténtico", las diferencias sutiles pueden causar problemas a la hora de querer actualizar el software, pues esto va a ser imposible, debido a que todos los proveedores tienen un sistema de protección que bloquea la utilidad del programa o trabaja a media de su capacidad total. Se puede afirmar categóricamente, no hay tal cosa como un verdadero 100% seguro. Si usted compra un craqueado o sin licencia, puede incurrir en costos adicionales en el futuro (por ejemplo, las actualizaciones del producto, pérdida de tiempo gastado en solucionar problemas, o los costos adicionales de software, o en el momento de estar ante un magistrado y que la contra parte le solicite el nombre de su proveedor y haga dudar de la exactitud del software).

La formación del perito accidentólogo, componente más importante en el proceso de la informatización e implementación del sistema, no caer en el error de la forma más popular de la formación, el cual consiste en leer el tutorial del programa y material de referencia disponible, un investigador con frecuencia pueden aprender a utilizar el programa de manera satisfactoria. Sin embargo, este tipo de formación lleva tiempo, y los errores suelen ocurrir a lo largo del camino.

Si la institución policial llegare a adquirir algún programa informático para cálculo de velocidad o de reconstrucción en 3D, se debe de capacitar

primeramente a los peritos accidentólogos seleccionados para tal fin, con seminarios que ofrecen la oportunidad de conocer la mayor cantidad de información en lo más mínimo cantidad de tiempo y estos seminarios deben ser hechos por los desarrolladores del software o gentes muy avezados en el área y así disipar cualquier tipo de dudas que puedan surgir con el correr del tiempo.

No se debe de tratar de sustituir el conocimiento por las computadoras, sino que simplemente permitir aquellos que entienden del análisis de los accidentes automovilísticos, analizar con más rapidez y más a fondo y, por tanto, con más precisión.

GLOSARIO

A

Abductivas: es un tipo de razonamiento inicialmente puesto en evidencia por Aristóteles en su Analítica priora tal razonamiento opera con una especie de silogismo en donde la premisa mayor es considerada cierta mientras que la premisa menor es solo probable, por este motivo la conclusión a la que se puede llegar tiene el mismo grado de probabilidad que la premisa menor.

Aplastamiento: es el hecho de pasar por lo menos una rueda por sobre el cuerpo caído. En ocasiones el aplastamiento se produce por las partes bajas del vehículo sin que alguna de las ruedas haya producido la compresión.

C

Confrontar: Cotejar o comparar una cosa con otra para ver sus similitudes o divergencias, y especialmente escritos.

Centrífuga: En la mecánica clásica, la fuerza centrífuga es una fuerza ficticia que aparece cuando se describe el movimiento de un cuerpo en un sistema de referencia en rotación, o equivalentemente la fuerza aparente que percibe un observador no inercial que se encuentra en un sistema de referencia giratorio.

Cinética: Está definida como el trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa dada desde el reposo hasta la velocidad que posee.

Centrípeta: Es toda fuerza o componente de fuerza dirigida hacia el centro de curvatura de la trayectoria de una partícula. Así, en el caso del movimiento circular uniforme, la fuerza centrípeta está dirigida hacia el centro de la trayectoria circular y es necesaria para producir el cambio de dirección de la velocidad de la partícula. Si sobre la partícula no actuase ninguna fuerza, se movería en línea recta con velocidad constante.

D

Daño: Delito consistente en causar daños de manera deliberada en la propiedad ajena.

Digital: En informática se suele utilizar el sistema digital de unos y ceros (sistema binario) para transmitir, procesar o almacenar información. Por ejemplo, el reloj del microprocesador trabaja en dos voltajes distintos, cada uno representa un uno o un cero. Con la combinación de unos y ceros se puede procesar todo tipo de información. Cualquier señal o modo de transmisión que utiliza valores discretos en lugar de un espectro continuo de valores (como las señales analógicas).

E

Energía: es la fuerza de acción o fuerza de trabajando, tiene diversas acepciones y definiciones, relacionadas con la idea de una capacidad para obrar, transformar o poner en movimiento. En física, «energía» se define como la capacidad para realizar un trabajo.

Estática: Se ocupa de las condiciones que deben reunir los sistemas de fuerzas para dejar en equilibrio a los cuerpos sobre los que actúan. Es la rama de la mecánica clásica que analiza las cargas (fuerza, par / momento) y estudia el equilibrio de fuerzas en los sistemas físicos en equilibrio estático, es decir, en un estado en el que las posiciones relativas de los subsistemas no varían con el tiempo. La primera ley de Newton implica que la red de la fuerza y el par neto (también conocido como momento de fuerza) de cada organismo en el sistema es igual a cero. De esta limitación pueden derivarse cantidades como la carga o la presión. La red de fuerzas de igual a cero se conoce como la primera condición de equilibrio, y el par neto igual a cero se conoce como la segunda condición de equilibrio.

F

Física: es una ciencia cuantitativa que incluye mecánica, fenómenos térmicos, electricidad y magnetismo, óptica y sonido, observa la Naturaleza, y trata de describir las leyes que la gobiernan mediante expresiones matemáticas. Estas materias son parte de la Física clásica. Si en la resolución de un problema físico deben considerarse velocidades cercanas a la de la luz o tamaños comparables a los de un átomo, entonces se deben tener en cuenta los principios o leyes de la Física moderna, esto es, los descubrimientos del siglo xx. Estos principios incluyen la relatividad y la mecánica cuántica.

Fricción: Se define como fuerza de rozamiento o fuerza de fricción, entre dos superficies en contacto, a aquella que se opone al movimiento entre ambas superficies (fuerza de fricción dinámica) o a la fuerza que se opone al inicio del movimiento (fuerza de fricción estática). Se genera debido a las imperfecciones, mayormente microscópicas, entre las superficies en contacto. Estas imperfecciones hacen que la fuerza perpendicular R entre ambas superficies no lo sea perfectamente, si no que forme un ángulo ϕ con la normal N (el ángulo de rozamiento). Por tanto, la fuerza resultante se compone de la fuerza normal N (perpendicular a las superficies en contacto) y de la fuerza de rozamiento F , paralela a las superficies en contacto.

Fuerza eólica: El término eólico viene del latín Aeolicus, perteneciente o relativo a Eolo, dios de los vientos en la mitología griega. La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos al mover sus aspas. La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales al gradiente de presión.

G

Gravedad: es la fuerza física que la tierra ejerce sobre los cuerpos hacia su centro. Se la representa como g y sus unidades son las de una fuerza específica, esto es, newtons/kilogramo (N/kg) en el S.I. de unidades. La distancia hasta el centro del planeta o satélite, es decir, su altura. De su latitud, ya que la intensidad y la dirección de la aceleración centrífuga varía entre el ecuador y los polos. La intensidad de campo gravitatorio se mide en m/s^2 . En la Tierra, el valor de " g " al nivel del mar varía entre $9,789 m/s^2$ en el ecuador y $9,832 m/s^2$ en los polos. Se toma como valor promedio, denominada gravedad estándar, al valor $g=9,80665 m/s^2$.

H

Hipótesis: Es una proposición que establece relaciones, entre los hechos; para otros es una posible solución al problema; otros más sustentan que la hipótesis no es más otra cosa que una relación entre las variables, y por último, hay quienes afirman que es un método de comprobación.

Huellas de rodadura: Es la superficie de contacto entre la banda de rodadura del neumático y el suelo. Se llama superficie bruta la que comprende también los vacíos de las hendiduras y ranuras. La superficie neta es solamente la ocupada por el caucho. La amplitud de la superficie de la huella depende de la carga que actúa sobre los neumáticos y de la presión de inflado. Dividiendo la carga (en kg) por la presión (en kg/cm^2) se obtiene teóricamente el valor de la superficie de la huella en centímetros cuadrados. La precisión de cálculo es proporcional a la flexibilidad de los flancos del neumático. Es lógico pensar que para mantener constante la superficie de la huella es necesario aumentar la presión de inflado a medida que se aumenta la carga.

Halo: es un efecto óptico que usualmente se ve en países fríos como Alaska y los polos norte y sur causado por partículas de hielo en suspensión en la Troposfera que refractan la luz haciendo un espectro de colores alrededor de la luna o el sol.

L

Lógica: La lógica es una ciencia, que estudia el lenguaje científico, su planteamiento, su organización en entidades jerárquicas, y los métodos para analizar toda forma escrita de dicho lenguaje. Examina la validez de los argumentos en términos de su estructura, (estructura lógica), independientemente del contenido específico del discurso y de la lengua utilizada en su expresión y del los estados reales a los que dicho contenido se pueda referir.

M

Movimiento: es un fenómeno físico que se define como todo cambio de posición en el espacio que experimentan los cuerpos de un sistema con respecto a ellos mismos o a otro cuerpo que se toma como referencia. Todo cuerpo en movimiento describe una trayectoria. La descripción y estudio del movimiento de un cuerpo exige determinar su posición en el espacio en función del tiempo. Para ello es necesario un sistema de referencia o referencial.

P

Perito: conocedor a fondo en alguna materia o ciencia, cuya actividad es vital en la resolución de conflictos; existen dos tipos de peritos: judiciales (nombrados por el juez) o de parte a un perito judicial, profesional dotado de conocimientos especializados que suministra información u opinión fundada a los tribunales de justicia sobre los puntos litigiosos que son materia de su dictamen.

Paradigma: es un modelo o patrón en cualquier disciplina científica, religiosa u otro contexto epistemológico. El término tiene también una concepción en el campo de la psicología refiriéndose a acepciones de ideas, pensamientos, creencias incorporadas generalmente durante nuestra primera etapa de vida que se aceptan como verdaderas o falsas sin ponerlas a prueba de un nuevo análisis.

Peso: es la fuerza con la cual un cuerpo actúa sobre un punto de apoyo, a causa de la atracción de este cuerpo por la fuerza de la gravedad

R

Reconstrucción: acción y efecto de reconstruir.

Rodadura: se define como el cuerpo que rueda sobre una superficie lo hace sin resbalar o deslizarse con respecto a ésta, de modo que el punto o puntos del cuerpo que se hallan instantáneamente en contacto con la superficie se encuentran instantáneamente en reposo (velocidad nula con respecto a la superficie).

S

Sistema: Un sistema es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Los sistemas reciben (entrada) datos, energía o materia del ambiente y proveen (salida) información, energía o materia.

Sofisma: es cualquier declaración falsa que aparenta haber sido obtenida mediante una metodología sistemática.

Software: se conoce como software al equipamiento lógico o soporte lógico de una computadora digital que comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas, en contraposición a los componentes físicos, que son llamados hardware.

T

Transmisión Mecánica: se denomina transmisión mecánica a un mecanismo encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina. Son parte fundamental de los elementos u órganos de una máquina, muchas veces clasificados como uno de los dos subgrupos fundamentales de estos elementos de transmisión y elementos de sujeción.

BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio Izquierdo, Francisco; García García, Andrés; Martínez Sáez, Luis. y otros (2002). "Accidente de Tráfico: Investigación Reconstrucción y Costes" Edita e imprime: Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid. España.
- Cooper Gary. (1984). "Work, Energy, and Speed From damage in Traffic Accidentes",. Topic 870 of The Traffic Accident Investigation Manual. Institute of Traffic, University of Northwestern. U.S.A.
- Flores Estrada Ingrid Marisol Ing. Industrial. (2008). Determinación de la Responsabilidad en un Accidente Automovilístico, por Medio de Principios Físicos. Guatemala.
- Irureta V. (1996). Accidentología Vial y Pericia. Ed. La Roca. Bs. As Argentina.
- Irureta V. (2003). Accidentología Vial y Pericia. Ed. La Roca. Bs. As Argentina.
- Limpert, Rudolf. (1994). "Motor Vehicle Accident Reconstruction and Cause Analysis", Ed. Michie, Fourth Edition, U.S.A.
- Negrini Neto Osvaldo. (2009) Dinámica dos Accidentes de Tránsito. Tercera. Edición. Editorial Millenium Brasil.
- Oporto Sánchez, Rubén.(2009). Ensayo de Investigación Práctica de Accidentes de Tránsito. Ediciones y Arte S.A. Asunción, Paraguay.
- Randall K. Noon Forensic Engineering Investigation. New York Washington, D.C. 200, Edit Corporate Blvd., Boca Raton.). (Traducción hecha del inglés al español por el investigador en la página web de <http://translate.google.com/?hl=es>”).
- Shigley, Je; Michke, Charles R. (1989). Mechanical Engineering Design, 9 ed.; Mc- Graw- Hill Book Company, New York. U.S.A.
- Searle, John A., y Searle, Ángela. (1983) The trajectories of pedestrians, motorcycles, motorcyclists, etc. Following a road accident, SAE, USA.
- <http://www.dynamicro-animations.com/software.php>. Fecha: 12/08/211
- <http://www.calczonepro.com> .Bobby Jones and Associates, Inc. Fecha: 05/07/211

ANEXO

ENCUESTA

1- ¿Hace cuantos años está desempeñándose como perito accidentólogo?

Menos 3 años Más de 5 años Más de 10 años

1. ¿Tiene conocimiento de la existencia de programas informáticos para cálculos de velocidad en accidentes de tránsito en el mercado?

Si No

2. ¿Maneja los precios por las cuales están ofrecidos los programas informáticos para cálculo de velocidad en el mercado?

Si No

3. ¿Cuáles serían los obstáculos para poder utilizar estos programas?

No maneja los programas informáticos

Falta de capacitación

No posee los recursos económicos necesarios

4. ¿Tendría dificultad en cuanto al manejo de estos programas?

Si No

5. ¿Cuáles son sus expectativas en relación a la utilización de los programas informáticos para cálculo de velocidad en la sección accidentología vial de la Policía Nacional?

Se reduciría el tiempos en concluir los informes periciales

Los resultados serian más certeros en comparación al manual

Los resultados de los cálculos serían más confiables

6. ¿Ya ha utilizado algún programa informático para cálculo de velocidad en accidentología vial para elaborar algún informe pericial accidentológico?

Si

No

7. ¿Se logrará implementar como herramienta auxiliar en la investigación de accidente de tránsito terrestre?

Si

No

8. ¿Tiene conocimiento de que estos programas informáticos trae consigo base de datos y especificaciones técnicas de casi todas las marcas y modelos de vehículos existentes en el mercado?

Si

No

9. ¿Usted cree que se dejaría de lado el trabajo en el lugar de los hechos si se implementa como herramienta auxiliar los programas informáticos?

Si

No

10. ¿Usted cree que tendría diferencias los resultados de velocidad arrojados por estos programas informáticos en comparación con los cálculos manuales?

Si

No

11. ¿A su parecer sería factible la utilización de programas informáticos para la investigación de accidentes de tránsito terrestre en la sección accidentología vial de la Policía Nacional?

Si

No

12. ¿Estaría en condiciones de adquirir por su cuenta algún programa informático?

Si

No

Interfaz del programa informático Calc ZONE

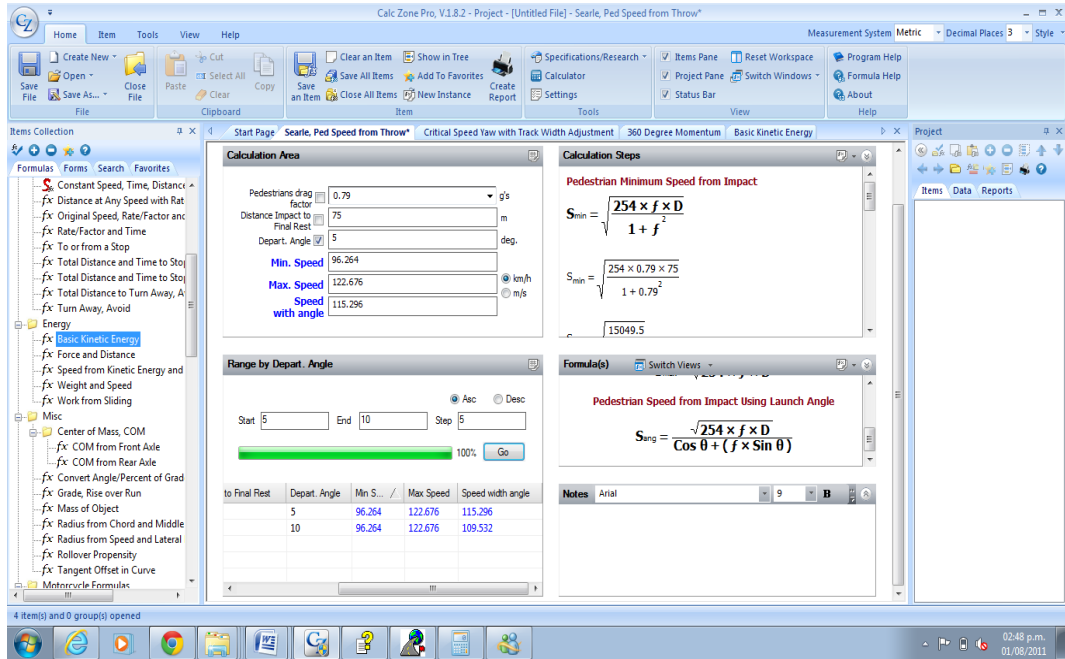
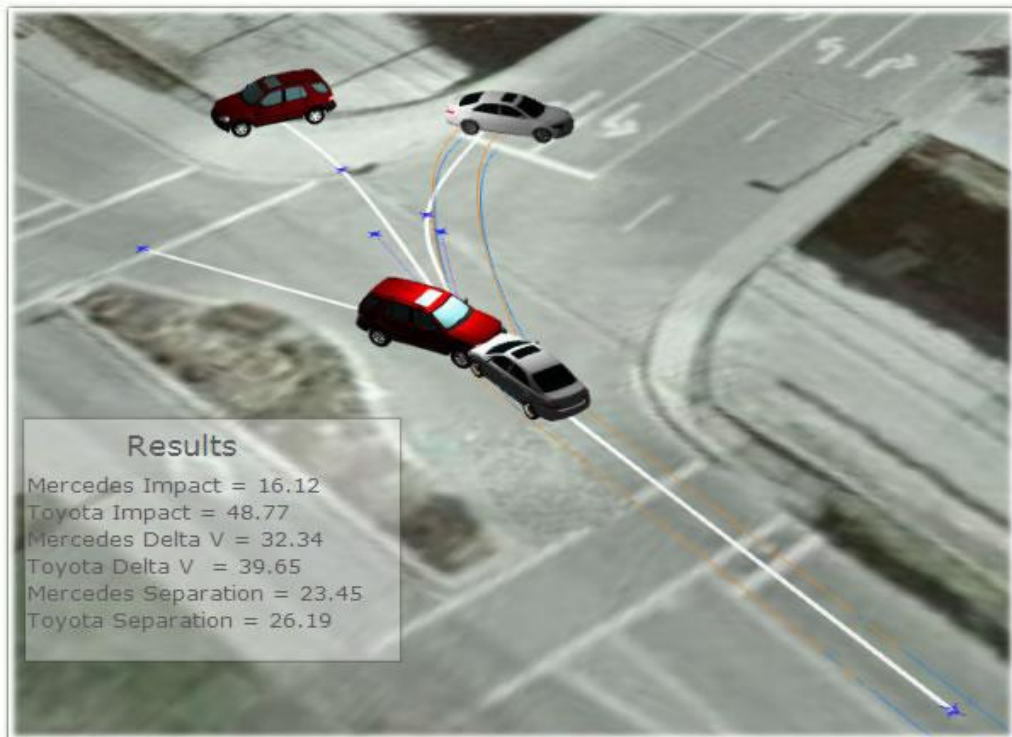
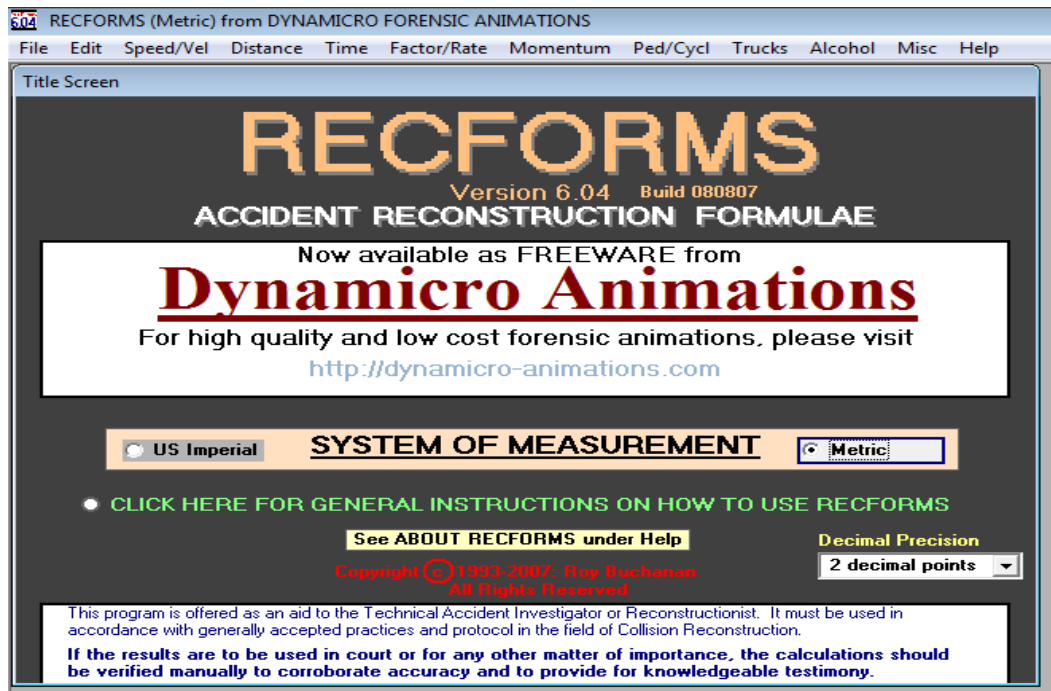


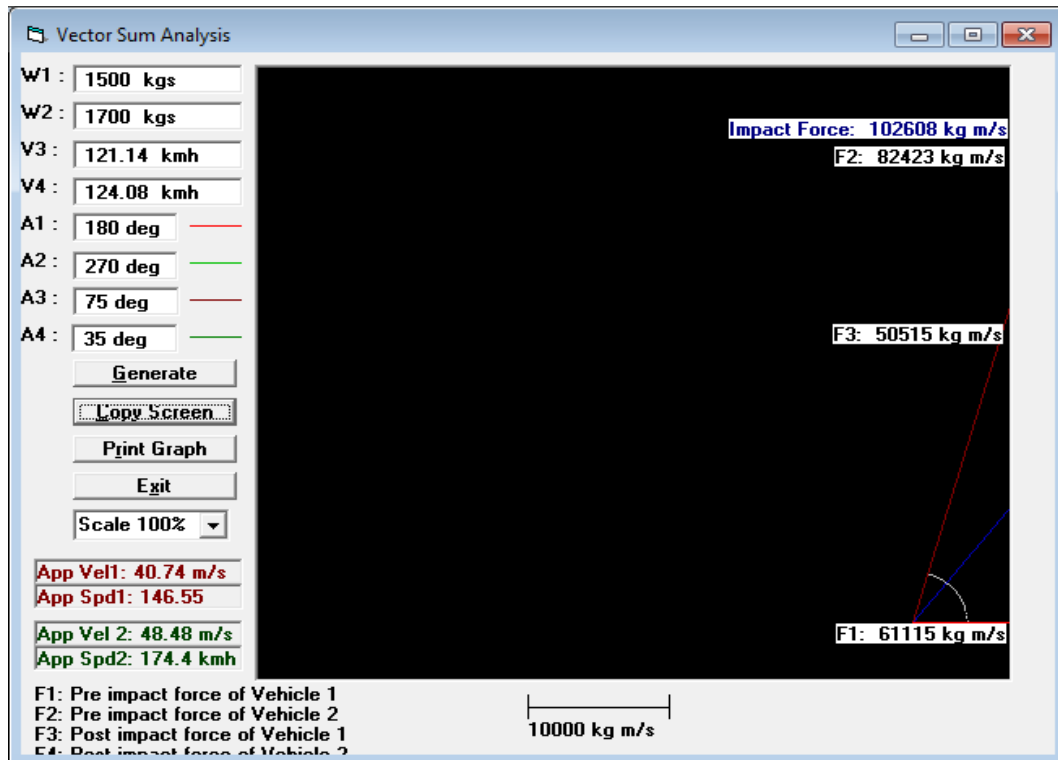
IMAGEN DE UNA RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DE UNA COLISIÓN FRONTAL HECHO CON ARAS 360.



INTERFAZ DEL PROGRAMA INFORMÁTICO RECFORMS 6.04



RESULTADO DE VELOCIDAD Y FUERZA DE IMPACTO EN KILOGRAMSO POR METROS POR SEGUNDO ARROJADO POR EL PROGRAMA RECFORMS6.04 DE UNA COLISION POR ALCANSE.



INTERFAZ DEL PROGRAMA INFORMATICO VELOCALC 2.0

