

MODELOS FÍSICOS PARA ACCIDENTOLOGÍA VIAL

RECONSTRUCCIÓN ANALÍTICA DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO



$$\Delta v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot (Ed_1 + Ed_2) \cdot M_2}{M_1 \cdot (M_1 + M_2)}}$$

$$\Gamma = M \cdot g \cdot s \cdot \left(\frac{1 + \phi}{2} \right)$$

$$V = \frac{2 \cdot M \cdot g \cdot \left[\left(\frac{t}{2} \right)^2 + hcg^2 \right]^{0.5} - hcg \cdot \left[M \cdot \left(\frac{t}{2} \right)^2 + hcg^2 \right] + lo}{M \cdot hcg}$$

$$Ed = \frac{w}{6} \cdot \left[1 + \tan^2(\theta) \right] \cdot \left[6 \cdot G + A \cdot (c_1 + 2 \cdot c_2 + 2 \cdot c_3 + \phi_4) \right]$$

$$\frac{B}{3} \cdot (c_1^2 + 2 \cdot c_2^2 + 2 \cdot c_3^2 + \phi_4^2 + c_1 \cdot c_2 + c_2 \cdot c_3 + c_3 \cdot \phi_4)$$

$$S(t) = Vi \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$V(t)$$

$$V = \frac{Vi - Vo}{g \cdot x}$$

Prólogo de M. Gisela Insaurralde

Autor: Gustavo A. Enciso

ISBN 978-987-42-0556-8



ISBN:

9 789874 205568

Enciso, Gustavo Adolfo

Modelos físicos para Accidentología Vial / Gustavo Adolfo Enciso. - 1a ed . - Resistencia : el autor, 2016.

400 p.

ISBN 978-987-42-0556-8

1. Criminalística. 2. Derecho Civil. 3. Derecho Fiscal. I. Título.

CDD 364

NOTAS DEL AUTOR

Los contenidos y figuras de este libro, han sido íntegramente elaborados y escrito por su autor: Gustavo A. Enciso. Todo el material es original, incluyendo los gráficos que contiene.

Las imágenes fotográficas de los casos que se presentan, son una gentileza del Ing. Ángel Montenegro.

*Su elaboración y distribución es posible mediante el aporte de **empresas privadas**¹ que subvencionan las tareas de investigación y capacitación dirigidas por el autor.*

El autor, deposita en usted la confianza de su empleo con responsabilidad profesional y respeto por los derechos del mismo.-

Queda prohibida la reproducción (copia) parcial o total de este libro, a excepción de ser utilizado como cita de otro trabajo en cuyo caso la reproducción no debe ser mayor a las 100 palabras.-

Queda prohibida cualquier modificación de los contenidos de este libro. Si desea realizar alguna corrección, hágalo poniéndose en contacto con el autor encisoga@gmail.com

¹ *Doctos Consultora®*
www.doctosconsultora.com

ÍNDICE

<i>Prólogo</i>	
<i>Introducción</i>	11
<i>Objetivo y finalidad del libro</i>	13
<i>Referencias de gráficos y ecuaciones</i>	15
<i>Metodología del libro</i>	17
<i>Lista de símbolos</i>	20
<i>Revisión de física y matemática aplicada a la reconstrucción analítica</i>	22
0.1 Teorema de Pitágoras	24
0.2 Trigonometría	26
0.3 Vectores	28
0.4 Análisis matemático	40
0.5 Cinemática	66
0.6 Dinámica	76
0.7 Energía y Trabajo	86
0.8 Cantidad de movimiento	91
<i>Metodologías de cálculos para reconstrucción de accidentes de tránsito – nivel 1</i>	97
<i>Modelo 1: Modelo trabajo simple por fricción</i>	98
<i>Modelo 2: fricción simple con pendiente</i>	108
<i>Modelo 3: Modelo de trabajo simple por desaceleración</i>	116
<i>Modelo 4: Modelo de trabajo simple con desaceleración y pendiente</i>	122
<i>Modelo 5: Modelo de velocidad simple por fricción</i>	131
<i>Modelo 6: Modelo de velocidad con fricción y factor de corrección</i>	139
<i>Modelo 7: Modelo de velocidad con fricción y pendiente</i>	139
<i>Modelo 8: Modelo de velocidad con desaceleración</i>	147
<i>Modelo 9: modelo velocidad M.R.U. + M.R.U.V.</i>	152
<i>Modelo 10: Sumatoria de velocidades</i>	157
<i>Modelo 11: Modelo simple de caída</i>	162
<i>Modelo 12: Modelo de Velocidad en derrape</i>	167
<i>Modelo 13: Radio de Curva</i>	171
<i>Modelo 14: Velocidad crítica en curva sin peralte</i>	174
<i>Modelo 15: Velocidad crítica en curva con peralte</i>	179

<i>Modelo 16: Velocidad simple de vuelco</i>	187
<i>Metodologías de cálculos para reconstrucción de accidentes de tránsito – nivel 2</i>	192
<i>Modelo 17: Modelo de roto-traslación</i>	193
<i>Modelo 18: Modelo de atropello por Searle</i>	198
<i>Modelo 19: Eficacia de Proyección por Searle</i>	210
<i>Modelo 20: Modelo de atropello por Happer</i>	214
<i>Modelo 21: Modelo empírico de hidroplaneo</i>	225
<i>Modelo 22: Modelo empírico para colisiones de motocicletas</i>	231
<i>Modelo 23: Momentum lineal – caso unidimensional / caso1</i>	237
<i>Modelo 24: Momentum lineal – caso unidimensional / caso2</i>	246
<i>Modelo 25: momentum lineal – caso bidimensional / caso1</i>	252
<i>Modelo 26: momentum lineal – caso bidimensional / caso 2</i>	260
<i>Modelo 27: modelo dinámico de velocidad mínima de vuelco</i>	267
<i>Modelo 28: modelo empírico de velocidad de vuelco</i>	276
<i>Metodologías de cálculos para reconstrucción de accidentes de tránsito – nivel 3</i>	282
<i>Introducción a los modelos de deformación para accidentología vial</i>	283
<i>Lista de símbolos utilizada en la bibliografía americana</i>	289
<i>¿Por qué se utilizan integrales para estudiar la energía de deformación?</i>	290
<i>Primeras referencias</i>	291
<i>Modelo de Campbell</i>	293
<i>Modelo de McHenry</i>	305
<i>EBS (equivalent barrier speed)</i>	320
<i>Coefficientes de Rigidez</i>	321
<i>Protocolos de medición de las deformaciones de un vehículo</i>	338
<i>Modelo de Prasad</i>	351
<i>Consideraciones finales de los modelos lineales de deformación</i>	357
<i>Comparación de una reconstrucción, considerando el modelo energético de deformación</i>	358
<i>Modelo de DELTA V para colisiones centradas</i>	367
<i>Modelo de DELTA V para colisiones excéntricas</i>	372
<i>Bibliografías de Referencia</i>	388

PRÓLOGO

He sido testigo de los años invertidos por el autor, en el estudio técnico científico de los hechos de tránsito, y me invade un enorme entusiasmo al tomar conocimiento de que podremos disponer de su obra, porque sé que en ella nos ha transmitido un gran porcentaje de su patrimonio cognitivo.

Agradezco al Lic. Gustavo Enciso, por el tiempo abocado a la redacción de este libro, tan necesario dentro del ámbito accidentológico, y por hacer públicos a través del mismo, aquellos temas inéditos que había presentado en distintos congresos internacionales.

En este ejemplar tendremos acceso a información técnica única y actualizada en materia de Reconstrucción Analítica de hechos de Tránsito, con un alto valor agregado ya que en cada línea ha detallado en forma práctica y didáctica, el mundo de la accidentología vial contemplado a través de las gafas de la física, la matemática y la estadística.

Esta obra contiene temas jamás desarrollados en otros libros de accidentología vial, que al mismo tiempo fueron confrontados con modelos conocidos por el común de los reconstructores, a los fines de brindarnos elementos de comparación y opciones de planteos físicos ante diferentes casuísticas.

En las primeras páginas vemos desarrollados los conocimientos matemáticos básicos, que son necesarios tener presentes, dado que a medida que nos introducimos en cada temática, precisaremos discernir sobre esos conceptos, para lograr el razonamiento lógico tendiente a un resultado.

Adentrándonos en la lectura de tan valioso aporte cognitivo, el autor se abocó al planteo, explicación y desarrollo o resolución de diferentes metodologías de cálculos aplicadas al ámbito de la reconstrucción analítica, dividiéndolas para nuestra mayor comprensión y seguimiento, en tres grandes grupos o Niveles.

En el primer Nivel hallamos los modelos físicos de trabajo, desaceleración y velocidad desarrollados en tramos curvos o rectos, cuyas superficies pueden ser planas o inclinadas.

En este capítulo se han planteado además, ejemplos de accidentes ocurridos en curvas, en los cuales el autor señala el método para calcular el radio, a partir de la mensura de la cuerda y la normal del arco. En continuidad, conociendo el radio de la

curva, es posible también considerar otra medida tomada en el sitio del hecho: el peralte y volcar estos dos datos en la ecuación a partir de la cual arribaremos al conocimiento de la velocidad máxima admitida por el trazado de esa curva. Conocer este valor de velocidad “Crítica” es importante, en aquellos casos de despiste o salidas de la curva, donde se ha comprobado que las fuerzas centrífugas superaron a las del rozamiento, debido a que ese rodado ingresó al trazado animado de una velocidad que superó la admitida por las características físicas del camino. El valor hallado constituirá la “velocidad mínima de despiste” de ese vehículo.

Por otro lado, en este mismo Nivel 1 de reconstrucción, se contempló la ecuación de caída de un vehículo hacia un barranco, donde conociendo también datos relevados en el lugar durante la etapa de investigación, dirigen al planteo físico propuesto por el autor, cuyo resultado es la velocidad “de salida” de la vía.

Otro aporte valiosísimo ya en el segundo nivel de este libro, es la posibilidad de conocer las distancias recorridas por los vehículos sometidos a vuelcos experimentales, desarrollados a velocidades y desaceleraciones controladas, lo que nos permiten a los reconstructores relacionar esos valores de rapidez, con la distancia de vuelco que hayamos verificado en el lugar de los hechos.

También sin pretender extenderme en la redacción y permitiéndoles avanzar con la lectura de tan apreciado aporte bibliográfico, en el Nivel 2 han quedado plasmados los conceptos y aplicaciones de fenómenos como la Rototraslación y Momentum lineal.

Ya avanzado el libro y arribando al Nivel 3, hallamos todo lo que necesitamos saber, sobre la estimación de la energía disipada como trabajo de deformación, un apartado completísimo que merecería ser una obra separada, dado que trata en forma integral el protocolo de levantamiento de la información indiciaria, los modelos aplicados a estos casos, las virtudes y limitaciones de cada uno, y hasta cómo obtener los coeficientes de rigidez específicos del o de los vehículos que nos toque peritar.

En este encuentro literario técnico, el autor ha logrado transmitir con versatilidad los contenidos duros de la física, la matemática y la estadística, aplicados al recorte de la realidad que a diario necesitamos investigar y reconstruir.

Un buen libro no solo se mide por sus palabras, sino por el efecto colectivo que generan los conocimientos aportados por las estas. Estoy convencida que Usted, al

igual que yo, al leer la última página, quedará invadido por un fuerte sentimiento de haber sido verdaderamente edificado en la materia.

M. Gisela Insaurrealde
ginsaurrealde@doctosconsultora.com

INTRODUCCIÓN

Luego de varios ensayos, culminé este libro buscando el mejor perfil de su utilidad para lo cual tuve que aceptar una serie de simplificaciones que supongo, mis colegas más duros sabrán entender.

Los tiempos en que vivimos son demasiados dinámicos para mi gusto. Hoy la enseñanza ha adquirido una ligereza tal, que los conceptos son transmitidos ya casi sin discutir sus fundamentaciones, por lo menos a un nivel aceptable.

El papel y el lápiz han desaparecido, las hojas con surcos de lápiz borrados son solo un recuerdo. Nuestros hijos estudian escribiendo sobre un ordenador; van desapareciendo los pizarrones y las tizas blancas, y casi no hay tiempo para cuestionar el conocimiento que se transfiere.

Todo es muy fugaz, de manera que las transmisiones de conocimientos se despliegan en modelos de altísima simplificación. Existen pocos espacios para las preguntas, y se va disfumando el cuestionamiento profundo del conocimiento. Éste, es impartido y aceptado o rechazado, sin discusiones serias, sin demostraciones de sus principios. En consecuencia, todo es parte de la necesidad inminente de saber “todo y ya”, sin perder tiempo en razonar, cuestionar y fundamentar.

Bajo este dinamismo feroz quedarán en el tiempo los que se resisten a las nuevas formas de educación y formación. Los que intentamos todavía entender todo con sus justificaciones y demostraciones, seremos sobrepasados por los que aprovechan el tiempo en utilizar el conocimiento sin cuestionar “lo que ya se sabe”.

No puedo decir que todo tiempo pasado fue mejor. Solo puedo afirmar que hoy no se estudia como ayer y que existe una inminente demanda de adquisición de un conocimiento práctico. En nuestros tiempos, tomar conocimiento sin capitalizarlo, sin aprovecharlo en algún valor, ya no tiene sentido y hasta podría decir que conocer solo por conocer, es un lujo para aquellos que no pueden resistirse a la curiosidad del “porque”.

Tal vez, mimetizando un poco con estos tiempos actuales escribí este libro, que fue pensado para toda persona que “necesite” entender cómo se analizan y se estudian los accidentes de tráfico, para poder utilizar ese conocimiento con fines preventivos, técnicos o jurídicos.

Nuestro trabajo, el de los peritos accidentólogos en reconstrucción de accidentes, tiene una estrecha relación con otras actividades de la sociedad. Como todos; lo que sabemos, esperamos sea de utilidad para otros; así como también nosotros utilizamos el saber de los demás.

Por último vale aclarar que este libro no es un manual, ni una enciclopedia. En él se han volcado una serie de casos analizados con sus fundamentaciones, tratando de alcanzar así un alto grado de practicidad sin dejar de lado completamente, una mirada de análisis a “lo que ya se sabe”.

OBJETIVO Y FINALIDAD DEL LIBRO

El libro se presenta con un sentido absolutamente práctico enfocado a la utilidad de los conceptos de la física clásica y estadística aplicados a la accidentología vial, en relación a los procesos de investigación y reconstrucción de colisiones vehiculares.

Vale la pena aclarar, que dicho proceso implica varias funciones que inician en la investigación de las evidencias en el lugar del sitio de la colisión, y llegan a la elaboración de un informe o resultados que son de interés para el ámbito judicial o laboral.

En este sentido, la intención del libro está direccionada hacia la etapa analítica, donde es necesaria la aplicación de conceptos físicos o estadísticos para inferir uno de los parámetros dinámicos que mayor interés se tiene en este ámbito: *la velocidad de los vehículos y cuerpos que colisionan.*

Los análisis de velocidad utilizados normalmente en la accidentología vial, para la investigación de accidentes o siniestros, son desarrollados mediante *modelos físicos* o *estadísticos* que facilitan un recorte del fenómeno con el propósito de valorar parámetros de interés.

Un modelo físico aplicado a la accidentología, es la representación de la realidad del fenómeno (accidente vial), en un lenguaje simplificado y operable (sistema de variables), que mediante un conjunto de teorías (física clásica), permite inferir valores de magnitudes físicas (velocidad, espacios, tiempos), que son de interés para la Administración de la Justicia o Políticas de Prevención.

Un modelo estadístico es una expresión simbólica en forma de igualdad o de ecuación que resulta de un diseño experimental donde se relacionan variables, y que se obtiene mediante una regresión o técnica estadística. El modelo explica matemáticamente, la dependencia que existe entre las variables con cierto grado (relativo) de precisión.

En razón de ello, el libro está escrito justamente, con el objetivo de analizar y entender estos *modelos físicos clásicos* o *estadísticos*, y conocer cómo son aplicados dentro de la investigación de accidentes o siniestros viales. Al proceso de construcción de un determinado modelo físico o estadístico, para poder inferir la magnitud física de velocidad de vehículos y cuerpos involucrados en un accidente vehicular, lo denominaremos: *reconstrucción analítica*.

Para lograr el objetivo del libro, éste presenta una serie de situaciones o *fenómenos* presentes en varios casos de accidentes o siniestros viales, los cuales son mostrados con una complejidad de estudio gradual, hasta alcanzar ejemplos de análisis de colisiones más complejas.

La presentación de casos no obedece al reconocimiento de que en la accidentología o las reconstrucciones de accidentes de tráfico, en lo que refiere al abordaje de su estudio, se acaba en una tipología de accidentes o en su casuística.

Nada más lejos de ello, esta forma de presentación obedece a la intención pragmática de ubicar al lector desde el inicio de las primeras páginas de este libro, ante los problemas que debe resolver el experto, desde las situaciones más sencillas a las más complejas.

Otro aspecto a considerar en la presentación de los casos, está relacionada con la precisión de las conclusiones que pueda emitir el experto. En muchos casos, se discutirá la discreción necesaria de los resultados, sus alcances y la adecuación de los mismos que resulta ante los cuestionamientos que son formulados oportunamente desde la Justicia.

REFERENCIAS DE GRÁFICOS Y ECUACIONES

En cuanto a la redacción del libro, el lector debe tener presente que la exposición de las situaciones/casos requiere en su discusión, la utilidad de gráficos y expresiones algebraicas. La lectura correcta de éstos, debe respetar las siguientes normas:

1) Cada gráfico es indicado por el número de una figura que responde a dos numeraciones. El primer número hace referencia al número del caso o capítulo, y el segundo número indica el orden de la Figura. Así, por ejemplo, la Figura 2.3 es la tercera figura expuesta en el capítulo dos.

2) Las ecuaciones también son indicadas con un número, de acuerdo a su aparición, pero no se utiliza el número que indica el capítulo. La numeración de las ecuaciones se corresponde con el modelo que desarrolla. Para cada modelo, se presentan las ecuaciones numeradas en forma consecutiva.

3) Todas las ecuaciones están escritas con letra Arial, y cuando alguna variable debe ser citada por un símbolo, se escribirá en cursiva y sin comilla.

4) Las variables vectoriales presentan en la parte superior un pequeño signo en forma de flecha; siempre que se encuentren en una ecuación. Cuando las mismas estén simbolizadas en un texto, su cualidad vectorial se indicará con letra en **negrita**.

Ejemplo:

$$\vec{F} = M \cdot \vec{a} \quad \text{ec. 1}$$

En la ecuación 1 de arriba, se escribió en forma simbólica: la variable vectorial fuerza, representada por la letra F , la cual es un vector igual al producto de la masa M por el vector aceleración a . Se denota su cualidad de vector con una pequeña

flecha superior. Sin embargo, cuando se necesite hacer referencia al vector fuerza dentro de la redacción de un texto, solo se indicará su condición de vector escribiéndola el singo ***F*** en negrita. Caso contrario se refiere al módulo o parte escalara de la variable. En este caso, la escritura de la ecuación se realizará del siguiente modo:

$$F = M \cdot a \quad \text{ec. 2}$$

La ecuación 2 solo expresa la cantidad escalar de la fuerza *F*, (note que ahora en el texto la letra *F* no fue escrita en negrita, porque solo se expresa su cantidad escalar o módulo).

METODOLOGÍA DEL LIBRO

Recordemos que el libro hace uso de diversos estudios de situaciones en accidentes viales, con el fin de introducir directamente al lector en una discusión pragmática de las metodologías de reconstrucción analítica de estos hechos. Para alcanzar este objetivo creo conveniente desarrollar cada caso, mediante el auxilio de una serie de tópicos que se repiten en cada análisis. Lo que se propone en cada uno de estos tópicos se detalla a continuación:

PLANTEAMIENTO

La situación o caso a analizar es presentada mediante un diagrama de modelización donde se indica además la consigna a resolver.

INFORMACIÓN

Es una combinación de los datos o variables que el modelo presenta en su análisis.

No se explica cómo conseguir los valores de dichas variables, porque no es objetivo de este libro desarrollar las técnicas de investigación de campo del accidente

Algunas de las variables son propiedades de diseño del vehículo, otras están relacionadas con características de la vía, o representan indicios de los accidentes que se determinan en la inspección de las evidencias del accidente vial.

DESARROLLO DEL MODELO FÍSICO o MODELO EMPIRICO.

Se intentará mostrar en este tópico, la modelación física o empírica que permitirá reconstruir analíticamente el accidente, esto es: *proceso de construcción de un determinado modelo físico para poder inferir la magnitud física de velocidad u otro parámetro físico.*

CONSIDERACIONES DEL MODELO

Los modelos son constructos teóricos que se formulan para analizar determinados fenómenos físicos y que se articulan mediante el desarrollo de principios, leyes y experiencias físicas.

Modelar físicamente un fenómeno, como por ejemplo los accidentes de tránsito, implica realizar un recorte del mismo, a un nivel de simplificación que permita su comprensión. Los modelos físicos y modelos empíricos solo representan la mejor manera de entender cómo funcionan y suceden las cosas que nos rodean.

Casi todo lo que sucede en una colisión entre vehículos, objetos y personas; puede ser estudiado bajo los principios, leyes y experiencias de la física; es decir que estos fenómenos pueden ser comprendidos mediante una teoría de esta materia.

Sin embargo y a pesar de los impresionantes alcances del conocimiento humano, algunos niveles de comprensión del fenómeno de los accidentes viales, todavía no pueden ser alcanzados.

Las razones o justificaciones son muchas, y no podría asegurar que las conozco a todas. Solo por citar alguna, señalaría la complejidad que genera la diversidad de materiales que componen un automóvil. Igual dificultad genera la representación física en un modelo de estudio de los peatones, ciclistas o motociclistas. Aunque estos objetos puedan describirse mediante ecuaciones, sus variables son tan elevadas que no resulta práctico especificarlas a un nivel de utilidad.

Es por eso que en el análisis físico de las colisiones entre vehículos, objetos y personas resulta necesario realizar ciertas simplificaciones o recortes más profundos del fenómeno, para alcanzar un nivel práctico y útil de su análisis. A estas simplificaciones la llamaremos *consideraciones del modelo*.

Cuando un caso es analizado bajo un determinado modelo físico o empírico, con sus consideraciones respectivas, se puede lograr un nivel de comprensión del hecho sin perjuicio de que los resultados alcanzados sean erróneos. En todos estos casos, los resultados alcanzados pueden ser aceptados siempre que también se acepten las consideraciones del caso. No obstante, esto dará lugar a una nueva discusión referida a la justificación de las consideraciones efectuadas para el análisis de la colisión o accidente que es estudiado.

Es frecuente encontrar estudios y análisis de accidentes viales, donde las simplificaciones y consideraciones que se realizan para alcanzar utilidad de determinados modelos físicos son innecesarios, y consecuentemente también será posible encontrar en estos análisis otros resultados con mayor solidez o fundamentados, debido a que los mismos surgen de modelos de mayor complejidad o con menor simplificación.

La necesidad de simplificar los modelos de estudios o realizar las consideraciones del caso, puede resultar de diferentes situaciones. La razón más frecuente en el caso de los estudios de investigación de accidentes de tránsito, resulta de la escasez de datos que imposibilitan el empleo de ecuaciones con mayor número de variables.

LISTA DE SÍMBOLOS Y UNIDADES

e: pendiente en valor decimal.	
α : ángulo de la pendiente en grados sexagesimales,	[°]
s: distancia de fricción en metros,	[m]
s': distancia de desaceleración en metros,	[m]
s ₁ : distancia de superficie 1 en metros,	[m]
s ₂ : distancia de superficie 2 en metros,	[m]
s ₃ : distancia de superficie 3 en metros,	[m]
μ : coeficiente de fricción.	
δ : factor de desaceleración.	
f: factor de corrección.	
θ : ángulo de rotación en radianes.	
c ₁ : medida deformación 1 en centímetros,	[cm]
c ₂ : medida deformación 2 en centímetros,	[cm]
c ₃ : medida deformación 3 en centímetros,	[cm]
c ₄ : medida deformación 4 en centímetros,	[cm]
c ₅ : medida deformación 5 en centímetros,	[cm]
c ₆ : medida deformación 6 en centímetros,	[cm]
c _{med} : deformación residual media,	[cm]
c _{max} : deformación residual máxima,	[cm]
w: ancho de deformación en centímetros,	[cm]
Ed: energía de deformación en Joule,	[J]
EBS: velocidad equivalente a impacto contra barrera en metros/segundo,	[m/s]
A: coeficiente de rigidez (McHenry).	
B: coeficiente de rigidez (McHenry).	
G: energía consumida sin deformación permanente (McHenry).	[J]
do: coeficiente de rigidez (Prasad).	[Nw ^{0.5}]
d1: coeficiente de rigidez (Prasad).	[Nw ^{0.5} /m]
hcg: altura centro de gravedad del vehículo en metros.	[m]
b: distancia entre ejes o batalla del vehículo en metros.	[1/s]
t: trocha del vehículo en metros.	[m]
lv: largo total del vehículo en metros.	[m]

h: altura de caída en metros.	[m]
g: aceleración de la gravedad en metros sobre segundos al cuadrado.	[m/s ²]
Ix: momento de inercia en kilogramos por metro al cuadrado.	[m ² .kg]
T: trabajo en Joule.	[J]
E: energía en Joule.	[J]
Tt: trabajo total en Joule.	[J]
Vf: velocidad final.	[m/s],
[km/hr]	
V1: velocidad en el punto 1.	[m/s],
[km/hr]	
Vo: velocidad inicial.	[m/s],
[km/hr]	
Vp: velocidad de proyección del peatón.	[m/s],
[km/hr]	
Vc: velocidad del vehículo que impacta a peatón.	[m/s],
[km/hr]	
Ep: eficiencia de proyección, sin unidades.	
p: presión en psi (libras por pulgadas cuadradas).	[psi]
a y L: ancho y Largo del parche de contacto en centímetros.	[cm]

REFERENCIAS DE BIBLIOGRAFÍA

1] Juan José Alba López, Jesus Monclús González, Alberto Iglesia Pulla.- "Manual básico de investigación y reconstrucción".- Grupo de Seguridad Vial y Accidentes de Tráfico de la Universidad de Zaragoza.- Editorial PONS S.L- (España 2001).-

2]- Gary Cooper.- "Traffic Accident Investigation Manual" - NORTHWESTERN UNIVERSITY TRAFFIC INSTITUTE – (U.S.A 1986).-

3] Ivaldi, Daniel. "Interpretación y Relevamiento de Huellas de Cubiertas sobre Calzada – Su importancia en Peritajes Judiciales".- Ing. Daniel Ivaldi, edición del autor.

4] Walter S. Reed, A. Taner Keskin. "Vehicular response to emergency braking". SAE 870501.

5] Sears F., Zemansky M., Young H.- "Física Universitaria".- Addison-Wesley Iberoamericana.- (U.S.A. 1988).-

5] Neptune, Flynn, Chavez, Underwood.- "Speed from skids: A modern approach". SAE 950354.

7] Ernesto Martínez. "La Física Forense en el Aula".- Centro Atómico Bariloche; CNEA Instituto Balseiro, U.N. Cuyo — 1999. <http://cabbat1.cnea.gov.ar/forense/index.php>

8] J. Stannard Baker. "Traffic Collision Investigation- Accident Investigation Manual" <http://server.traffic.northwestern.edu/cart/items.asp?id=1>

9]- Reed W., Keskin A.- "Vehicular Deceleration and Its Relationship to Friction".- SAE 890736 (U.S.A. 1989).-

10] H. Sledge Jr., M Marshek. "Formulas for estimating vehicle critical speed from yaw marks". SAE 971147.

11]- Enciso G.- "Una Introducción a los Modelos Energéticos en Accidentología".- Instituto de Cs. Criminalísticas y Criminología – Universidad Nacional del Nordeste, (Arg. 2003).-

12] Campbell K.L.- "Energy as a Basic for Accident Severity a Preliminary Study"- The University of Wisconsin, PhD Thesis Engineering - Automotive - (U.S.A. June 1972).-

13] Gary Cooper.- "Work, Energy and Speed from Damage in Traffic Accident.- Topic 870 of the Traffic Accident Investigation Manual - NORTHWESTERN UNIVERSITY TRAFFIC INSTITUTE - (U.S.A 1986).-

14] Ernesto Martínez. "Momento de inercia de autos para uso práctico en reconstrucción de accidentes". Centro Atómico Bariloche; CNEA Instituto Balseiro, U.N. Cuyo — Junio 1995.

15] Watts A., Atkinson D., Hennessy C.- "Low Speed Automobile Accidents" 2°Edition.- Lawyers & Judges Publishing Company, (U.S.A. 1999).-

16] Ernesto Martínez. "Accidentes viales: Una mitología del choque".- Centro Atómico Bariloche; CNEA Instituto Balseiro, U.N. Cuyo — Noviembre de 2001. <http://cabbat1.cnea.gov.ar/forense/index.php>

- 17] *Data Reference Guide, Version 4 -Volume I: Vehicle Tests*"; (U.S.A. April 1997) (Codes updated 8/15/97) U.S. Department of Transportation <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/nrd10/software>
- 18] M.R Jouvencel .- "Biocinémática del Accidente de Tráfico". Ed. Díaz de Santos.- España, Año 2000.
- 19] S.J. Asthon Mackay. - *Car Desing for Pedestrian Injury Minization* .- SAE 796057.
- 20] A. Harper y col.- *Comprehensive Analisis Method for Vehicle/Pedestrain Collisions*. SAE 2000-01-0846.
- 21] J. Eubenks.- *Pedestrian involved traffic collision reconstruction methodology*. SAE 921 591.
- 22] Juan Martín Hernández Mota.- "Los accidentes de tránsito – Manual Básico de Investigación de Hechos de Tránsito Terrestre".- Flores Editorial y Distribución – México 2010.-
- 23] John Daily.- "Fundamentals of Traffic Accidente Reconstruction".- IPTM (Institute of Police Technology and Management University of North Florida). USA (Florida) 1988.
- 24] A. Harper y col.- *Comprehensive Analisis Method for Vehicle/Pedestrain Collisions*. SAE 2000-01-0846.
- 25] Ferdinand Beer & Russell Jhonston.- "Mecánica Vectorial para Ingenieros", Quinta Edición; Editorial McGRAW-Hille.- 1990.
- 26] Pablo Luque rodriguez y Daniel Álvarez Mántaras.- "Investigación de Accidentes de Tránsito – Manual de Reconstrucción".- Editorial: Netbiblo S.L., ISBN 978-84-9745-173-4, España, 2007.-
- 27] Juan José Alba López, Jesus Monclús González, Alberto Iglesia Pulla.- "Introducción al análisis de deformaciones".- Grupo de Seguridad Vial y Accidentes de Tráfico de la Universidad de Zaragoza.- Editorial PONS S.L- (España 2001).-
- 28] Osvaldo Negrini Neto, Rodrigo Kleinübing.- "Dinâmica dos Acidentes de Trânsito, Análises, Reconstruções e Prevenção".- Editorial Milenium, Brasil 2012.-
- 29] Rudolf Limpert.- "Motor Vehicle Accident Reconstruction and Cause Analysis".- The Michie Company Law Publishers, Virginia USA 1994.-
- 30] Raymond M. Brach.- "Vehicle Accident Analysis and Reconstruction Methods".- SAE International Publication.

SOBRE EL AUTOR, GUSTAVO A. ENCISO

encisoga@gmail.com



Gustavo Adolfo Enciso, es Licenciado en Ciencias Criminalísticas y Criminología, además de ser Accidentólogo; egresado en el año 1998/2000 del Instituto de Ciencias Criminalísticas de la Universidad Nacional del Nordeste.

Fue becario de Investigación por concurso de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la U.N.N.E. durante 1999-2001.

Fue docente en las Cátedras de Física 1 y Física 2 en el Instituto de Ciencias Criminalística de la U.N.N.E. durante el período 2000-2004.

Trabajó como Perito para los fueros civiles de las Provincias del Chaco, La Pampa y Santiago del Estero en Argentina, desde 2000 al 2007.

Desde el año 2007 hasta el año 2014 trabajó como Jefe de División, Perito en el Gabinete Científico del Poder Judicial de la Provincia del Chaco (Argentina).

Es miembro de la SocietyAutomobile Engineer SAE desde el año 2000

Autor de diversos trabajos de investigación científica, algunos de ellos publicados en la SAE www.sae.org (Society Automobile Engineers) y la Revista Colombiana de Física www.revcolfis.org

Es el responsable del diseño y dirección del primer software de cálculo analítico para reconstrucción R.A.C.T.T.© www.ractt.com

En la actualidad es el Director del Centro de Entrenamiento IRAT www.ceirat.com y docente en la Tecnicatura Superior de Seguridad Vial – Universidad Nacional Tecnológica, Facultad Regional Resistencia.