



# DESDE KENNETH CAMPBELL HASTA HOY

CINCUENTA AÑOS DE  
INVESTIGACIÓN EN  
LA DEFORMACIÓN DE  
VEHÍCULOS



Por: Ing. Aníbal O. García -

- » *Ingeniero mecánico egresado de la Universidad Nacional de Buenos Aires.*
- » *Se ha especializado como Ingeniero Forense.*
- » *Realiza investigaciones y desarrollos de modelos físico-matemáticos de colisión y de combustión.*
- » *Dicta cursos y seminarios sobre investigación de siniestros.*
- » *Es autor de ACCIDENTES DE TRANSITO - Investigación y Reconstrucción, y de ENERGÍA Y DEFORMACIÓN en el choque de automotores - una TEORÍA GENERAL DE LA COLISIÓN de reciente aparición.*

---

**R**ecientemente, el investigador argentino Aníbal García, ha presentado un nuevo libro, en el que analiza los efectos de la deformación en el choque entre automotores, compilando las teorías clásicas en la materia y los nuevos desarrollos, algunos de su propia producción intelectual.

Expresión Forense publica en esta oportunidad, con expresa autorización del autor, la INTRODUCCIÓN de la mencionada obra, que nos ofrece un panorama integral de los avances en la materia. El autor postula que su intención es abrir el camino a nuevos interrogantes, en torno a los cuales, generar nuevas y mejores herramientas para la reconstrucción analítica de los siniestros viales.

En el presente libro se condensan algunos de los temas más relevantes desarrollados en los últimos cincuenta años en torno a la relación que existe entre la deformación de los automóviles en el choque y la energía mecánica disipada en el mismo; que, de acuerdo con la aplicación del principio de conservación de la energía, se transforma totalmente en trabajo mecánico.





Esta historia comenzó con Campbell allá por 1974. Mediante una serie de ensayos sistemáticos realizados en la empresa General Motors a principios de los años setenta, Kenneth Campbell construyó un índice de severidad del impacto, con el objeto de clasificar las colisiones en términos de energía: la velocidad equivalente de barrera (EBS). La enunciación de la teoría es simple: toda deformación en un choque absorbe cierta cantidad de energía, igual a la que se disipa cuando se lanza ese mismo vehículo contra una barrera infinitamente rígida, vinculada a la tierra, a una cierta velocidad. Esa velocidad de ensayo es EBS.

En sus ensayos, Campbell encontró que, una función lineal representa de manera muy aproximada la relación entre la velocidad equivalente de barrera (EBS) y una deformación. Esta función es lineal a partir de cierta velocidad mínima y hasta valores elevados, abarcando de esta manera, la mayor cantidad de casos que se experimentan en la vida real.

En base a algunas hipótesis de simplificación, la principal sostiene que el frente del automóvil es una estructura homogénea, Campbell propuso un modo sencillo de computar la deformación media en una geometría irregular de deformación. De esta manera se puede calcular el trabajo mecánico de deformación, igualarlo a la energía cinética disipada, y determinar el valor de la EBS. Así se obtiene un índice de severidad de impacto.



“  
TODA DEFORMACIÓN EN UN  
CHOQUE ABSORBE CIERTA  
CANTIDAD DE ENERGÍA, IGUAL  
A LA QUE SE DISIPA CUANDO SE  
LANZA ESE MISMO VEHÍCULO  
CONTRA UNA BARRERA  
INFINITAMENTE RÍGIDA

”

La simpleza del método propuesto por Campbell atrajo el interés de otros investigadores. Entre ellos el de Raymond McHenry. Este notable científico norteamericano comprendió que este método ofrece un procedimiento para estimar la energía disipada en un choque por cada vehículo. Y con dicho valor, se dispone de un recurso adicional para acelerar un simulador informático de colisiones, ya desarrollado.

McHenry reorientó el desarrollo de Campbell, y así nació CRASH, que en su tercera versión se popularizó y se emplea en nuestros días. CRASH3 es un algoritmo por el cual se puede estimar energía a través de una medición normalizada de la deformación, y de una biblioteca de constantes de rigidez. Este algoritmo, complementado con una norma, que hace obligatorio el ensayo de todo modelo nuevo lanzado al mercado norteamericano, y hace públicos los resultados de interés, soluciona con una más que aceptable precisión, las demandas de los investigadores en términos de estimación de la energía cinética disipada en el choque.

El modelo teórico desarrollado por Campbell es un modelo empírico producto de la compilación de resultados de ensayos realizados sistemáticamente, y de obtener, mediante regresiones estadísticas, funciones matemáticas que así desarrolladas resultan expresiones de conveniencia.

Esta génesis empírica es la fuente de las limitaciones del modelo en general y de sus aplicaciones; así, por ejemplo, no es aplicable a colisiones con EBS inferiores a 27 km/h, ni a deformaciones que importen menos del 25% del ancho, por ejemplo, las colisiones con postes y columnas.

A principios de la década del '90, Denis Wood planteó otro enfoque del problema, partiendo de la teoría del colapso de las estructuras. Este investigador escocés homologó la estructura frontal y trasera del automóvil con un conjunto de tubos pequeños, solidarios entre sí. El tubo de diámetro pequeño y pared delgada es una estructura esbelta y el colapso, debido a fuerzas de compresión en el eje principal, se produce por la inestabilidad en el período elástico, o pandeo. Esta propiedad representa mejor los fenómenos que transcurren en el choque.





En esta estructura representativa, Wood se propuso encontrar la relación entre la energía disipada por unidad de masa, o energía específica, con la deformación relativa a la longitud inicial. Así como las fuerzas por unidad de superficie o tensiones y la deformación relativa, son propiedades de los materiales, independientemente de sus dimensiones y de sus formas, el casco resistente de los automóviles se construye con aceros de alta resistencia; y sus secciones tienen densidad estructural semejante. Este planteo, afinado y ajustado con los resultados de centenares de ensayos, le permitió a Wood llegar a una ecuación única aplicable a todos los modelos de automóviles, casi sin restricciones ni de velocidad de impacto ni del ancho deformado.

Este libro dedica los capítulos dos y tres a sintetizar los resultados de esta historia: los algoritmos de CRASH3, Prasad y Wood son los tres referenciados, los que mejor representan los dos enfoques teóricos. Y el capítulo cuarto desarrolla una aplicación a la práctica forense de los recursos aportados por dichos modelos.

Resulta necesario comprender cómo se amortigua el error de estimación de la energía en el cálculo de la velocidad, como responde la estructura resistente del automóvil en función de las propiedades de rigidez, frecuencia de vibración y restitución.

Se hace hincapié en la relación que existe en las fuerzas de choque y las fuerzas supuestas en la deformación, abriendo de esta manera, el campo de representación del antagonista desconocido, antecedente necesario para poder analizar el choque de vehículos de masa disímil. Pero hay otra historia.

Contemporáneamente con Campbell, G. G. Lim en Ford, también ensayaba con automóviles en choques contra barrera. Pero su objetivo era encontrar la representación matemática de la variación de la aceleración durante el impacto. Para ello representó las oscilaciones de la curva de aceleración registrada en los ensayos, e integró dicha curva para obtener expresiones de variación de la velocidad y avance de la deformación durante la colisión.

“  
**EL MODELO  
TEÓRICO  
DESARROLLADO POR  
CAMPBELL ES UN  
MODELO EMPÍRICO  
PRODUCTO DE LA  
COMPILACIÓN  
DE RESULTADOS  
DE ENSAYOS  
REALIZADOS  
SISTEMÁTICAMENTE**  
“

## LA TEORÍA GENERAL DE LA COLISIÓN.

**En una sola ecuación se inscriben los dos principios conservativos de la mecánica newtoniana: el de la cantidad de movimiento y el de la energía. El parámetro esencial es la EBS de cada vehículo, y ella puede ser determinada con el valor de la frecuencia natural.**

Los descubrimientos más importantes de Lim son:

1. *Que la colisión es un fenómeno pulsante;*
2. *Que la restitución es un fenómeno que se prolonga más allá del tiempo que dura el contacto entre los vehículos;*
3. *Que la deformación en función de la velocidad de impacto, se representa con al menos dos funciones exponenciales, coincidiendo en su expresión final con las ecuaciones de Wood.*

La lectura de los trabajos de Lim se introduce en el fenómeno de la colisión no sólo como una expresión académica, sino como una metáfora. Ubican al lector dentro de la colisión, lo transforman en testigo presencial de la evolución de los parámetros, y le permiten comprender el fenómeno en su complejidad. Una vez dentro de la colisión ya no hay misterios ni secretos sin develar. Lo que queda es mera técnica.

El capítulo quinto de este libro contiene lo mínimo que el lector debe saber para comprender a Lim, y en lo posible, entusiasmarlo para ahondar en los escritos originales del autor.

Si bien es cierto que, antes de que Lim publicara su trabajo liminar en 1972, y después de esa fecha, otros autores plantearon el carácter pulsante del choque y la deformación de las estructuras (y no solo las de los automóviles), ninguno de ellos se propuso hacer de este saber un recurso para la investigación forense de las colisiones entre automotores.

Dos décadas atrás publicamos nuestro primer ensayo en la materia, proponiendo un modelo relativamente sencillo, representativo de la colisión contra barrera, y sugiriendo algunas posibles líneas de desarrollo. El objetivo era obtener nuevos recursos de análisis de estos fenómenos, pero en el mundo de la colisión entre dos vehículos. Introdujimos la necesidad de conocer mejor el fenómeno de la restitución, por un lado, e introdujimos el concepto de frecuencia natural de vibración de la estructura del automóvil. Restitución y frecuencia natural son los conceptos que nos permiten innovar en esta materia, y a ello dedicamos el capítulo seis de este libro.



La revisión constante de estas ideas en los años siguientes, nos condujeron a una modelación basada en conceptos complejos de la colisión, que como sucede en el mundo de la ciencia, conduce a un sistema de ecuaciones sencillas. Ecuaciones que, asociada a algunos recursos técnicos necesarios, resuelven casos simples y complejos con la misma eficiencia.

A este modelo hemos dado en llamar la Teoría General de la Colisión. En una sola ecuación se inscriben los dos principios conservativos de la mecánica newtoniana: el de la cantidad de movimiento y el de la energía. El parámetro esencial es la EBS de cada vehículo, y ella puede ser determinada con el valor de la frecuencia natural. Una ecuación adicional, que recurre a la restitución –también una función matemática de la EBS-, permite conectar la interioridad del choque con el contexto exterior, y dar respuesta a casi todas las preguntas que se formula el investigador, e incluso plantearse aquellas que con los recursos clásicos no tienen respuesta, como la duración del choque, la aceleración media de cada protagonista, etc.

El capítulo séptimo desarrolla la teoría en modo general, y el capítulo octavo la amplía mediante la aplicación en la resolución de casos concretos, de distintas configuraciones de choque y distinta tipología de vehículos, exhibiendo la flexibilidad y fortaleza de esta Teoría.

Este es solo un escalón más en la interminable escalera por alcanzar el conocimiento del mundo que nos rodea. Asumimos que habrá quienes, inspirados por algunas de estas ideas, y/o las de otros autores, la mejoren. Y para ello es imprescindible la lectura crítica. A ella le alentamos, querido lector. 📖

“  
**A ESTE MODELO HEMOS DADO EN LLAMAR LA TEORÍA GENERAL DE LA COLISIÓN. EN UNA SOLA ECUACIÓN SE INSCRIBEN LOS DOS PRINCIPIOS CONSERVATIVOS DE LA MECÁNICA NEWTONIANA: EL DE LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO Y EL DE LA ENERGÍA.**  
”