

# ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS EMPLEADOS EN EL FRENADO DE UN VEHÍCULO Y CÁLCULO DEL IMPULSO MECÁNICO GENERADO EN UN CHOQUE FRONTAL

Ing. Henry Iza

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Quijano y Ordoñez y Marqués de Maenza s/n

Latacunga - Ecuador

Email : hhiza@espe.edu.ec



## Resumen.

En esta investigación se desarrollan cálculos para determinar el impulso mecánico al producirse un choque o impacto frontal, tomando como datos parte del ensayo realizado por los estudiantes del equipo FESPE 2012.

Se describen conclusiones relevantes, que resaltan la importancia del análisis de elementos del automóvil en función de cálculos para un adecuado diseño.

## I. INTRODUCCIÓN

Al mismo tiempo que los primeros vehículos aparecen, los accidentes también se asocian a ellos. En 1889 en un periódico londinense se hace eco de uno de los primeros accidentes, un vehículo que descendía de una pendiente a una gran velocidad (estimada entre 20 y 25 km/h), el cual al intentar frenar sufrió la rotura de las llantas traseras; los ocupantes, del vehículo salieron despedidos del vehículo y fallecieron.

Lamentablemente este no fue un hecho aislado sino que se empezaron a contabilizar un número mayor de accidentes automovilísticos ampliando los listados dramáticos con muertos, heridos y pérdidas materiales.

Desde ahí, los fabricantes de vehículos han incorporado diversos sistemas de seguridad con la finalidad que disminuyan los accidentes de tráfico.

Es importante distinguir que estos dispositivos de seguridad se han dividido en: seguridad activa, que tiene como finalidad reducir o idealmente eliminar el riesgo de accidente; y, seguridad pasiva; que consiste en dotar al vehículo de los medios que atenúen los efectos de un accidente en cuanto se produzcan.

La mayor parte de los dispositivos son de carácter dinámico, es decir, intervienen activamente en el guiado cómodo. Los elementos que se desglosan son los sistemas de frenos, suspensión, dirección, los neumáticos y una adecuada transmisión de la potencia proporcionada por el motor.

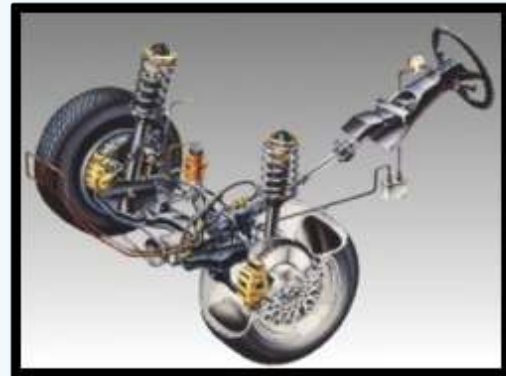


Figura 1. Elementos de seguridad activa.

La seguridad activa no son solamente los elementos móviles, existen otros elementos estáticos que se engloban en esta categoría de la seguridad activa, entre ellos constan; los sistemas de iluminación, la aerodinámica de la carrocería, la ergonomía de sus mandos e interior, la buena visibilidad desde la posición del conductor como los de relevancia significativa.

La seguridad pasiva la componen distintas partes del automóvil que en caso de un accidente, evitan o disminuyen los daños que puedan recibir los ocupantes del vehículo, peatones, animales o mobiliario urbano y vial que pueden verse involucrados en la colisión. El elemento más importante que forma parte de la seguridad pasiva es la estructura del vehículo, se muestra un ejemplo en la figura 2. Este depende de un adecuado diseño y el material a utilizar en su fabricación.



Figura 2. Elementos de seguridad pasiva.

## II. TIPOS DE COLISIONES O CHOQUES Y ACCIDENTES DE TRÁNSITO

Un accidente como alteración al proceso normal de la conducción de un vehículo en la que pueden existir daños para los ocupantes del automóvil y para terceras personas, se presentan de diferente forma:

- Colisión frontal.
- Colisión posterior.
- Colisión lateral.
- Colisión con peatón.
- Vuelco.

Otros tipos de colisiones pueden ser con animales, inmersión de vehículos, salida de pista, son minoritarios en relación a las colisiones anteriores. En la tabla 1 se muestra los accidentes de tráfico más comunes según su tipología.

**Tabla 1. Proporciones de los accidentes de tránsito**

Tipo de accidentes	Proporción
Frontal automóvil – automóvil	51%
Con obstáculos fijos	25%
Automóvil-Automóvil (no frontal)	12%
Frontal (Automóvil-Camión)	7%
Automóvil-Camión (no frontal)	5%

Cuando existe un impacto, la energía cinética del automóvil se transforma en energía de deformación, fricción o rotación en lugar de un desplazamiento, por lo que los dispositivos de seguridad pasiva harán que la energía se transforme en deformaciones estructurales esto, con la finalidad que los ocupantes del vehículo no reciban dicha energía.

Las causas de lesiones graves en un accidente de tránsito son

- Excesiva deformación del habitáculo.
- Impacto con elementos interiores.
- Imposibilidad del salida de heridos.
- Incendio del automóvil.
- Activación defectuosa de cinturones de seguridad y Air bag.

La masa interna de los vehículos es uno de los aspectos importantes en la severidad de las colisiones o choques. Se puede afirmar que cuando mayor sea la rigidez de los vehículos, mayor será la severidad al impactarse con otros vehículos. Esta severidad se muestra en tabla 2.

**Tabla 2. Severidad de los accidentes de tránsito**

	Sev. Interna	Sev. externa
Masa menor a 850 kg	70%	30%
Masa mayor a 850kg y menor a 1050 kg.	50%	50%
Masa mayor a 1050 kg	25%	75%

## III. CÁLCULO DEL TIEMPO Y DISTANCIA TOTAL DE FRENADO COMO PARTE DE LA SEGURIDAD ACTIVA

En función de los adecuados sistemas de frenado desarrollado por cada uno de los fabricantes de vehículos, es importante determinar el tiempo que se

requiere para que el vehículo o automóvil se detenga luego de accionar o activar los frenos.

La distancia de recorrido del vehículo luego de que el conductor advierte un obstáculo o algún imprevisto en carretera, hasta detenerse, es la sumatoria del tiempo de reacción, tiempo de respuesta de los frenos y tiempo de frenado.

El tiempo de reacción del conductor es el que va a tener una variación importante, este dependerá de las condiciones físicas y psicológicas del conductor y factores externos que se encuentren en la conducción. Este tiempo suele estimarse de 0,3 a 1,7 segundos.

El tiempo de frenado se descompone en dos periodos: el primero hasta alcanzar una presión determinada y el segundo, hasta actuarse los frenos con dicha presión.

El tiempo durante el cual el vehículo camina una velocidad casi constante, desde que el conductor percibe la necesidad de frenar se llama tiempo perdido, que se calcula con la siguiente ecuación:

$$t_p = t_r + t_p + \frac{t_s}{2}$$

Donde:

$t_p$  = Tiempo de perdido.

$t_r$  = Tempo de respuesta del conductor.

$t_p$  = Tiempo de respuesta de los frenos

$t_s$  = Tiempo hasta alcanzar la presión nominal de frenado

El valor conjunto de tiempos de acuerdo al reglamento de frenado

$$t_p = \frac{t_s}{2}$$

Establece valores de 0,36 segundos para vehículos con capacidad de hasta 8 ocupantes más el conductor; y, 0,54 segundos a los vehículos con capacidad superior a 8 ocupantes.

Es decir si un conductor tiene su tiempo de reacción de 0,3 segundos, el tiempo de perdido será:

$$t_p = 0,3s. + 0,36s. = 0,66s.$$

La distancia recorrida o distancia de reacción (DR) en este tiempo se calculará al multiplicar el tiempo perdido por la distancia que recorrerá el automóvil en una hora a una velocidad constante; es decir, se asume la velocidad que lleva el vehículo al momento de frenar dividido para 3600.

Es decir, si el vehículo viaja a 30 km/h, la distancia recorrida será 30.000 metros, entonces la distancia será:

$$D_r = \frac{30000(m.) \times 0,66(s)}{3600(s)} = 5,5(m)$$

Como la energía cinética es proporcional al cuadrado de la velocidad, esto significa que para el doble de la velocidad, la distancia recorrida se multiplica por cuatro; entonces la distancia de frenado (DF) será:

$$D_f = 5,4(m.) \times 4 = 21,6m.$$

Entonces, la distancia de parada (DP) será igual a sumar la distancia recorrida más la distancia de frenado.

$$D_f = 5,5(m.) + 21,6(m) = 27,1m$$

Entonces, el tiempo total ( $T_i$ ) será igual a:

$$T_i = 0,66(s) + 2,64(s) = 3,3s$$

#### IV. IMPULSO MECÁNICO GENERADO EN UN CHOQUE

De acuerdo a la velocidad que adquiere un vehículo es importante conocer la fuerza de impulso o reacción, que se genera en el impacto ante un choque frontal contra un muro sólido.

Muchos autores han desarrollado diversos modelos aplicados para el análisis de los choques. En el presente artículo para el cálculo del impulso mecánico, tomo como referencia la relación lineal entre la velocidad y la deformación residual en un ensayo contra barrera rígida basado en las conclusiones de Campbell

Para ello tomaré los datos obtenidos de la prueba que se realizó en la ESPE extensión Latacunga con el atenuador de impactos del vehículo de pruebas de la FESPE 2012 mostrado en la figura 3.



Figura 3. Prueba de impacto (Equipo FESPE 2012)

Se utilizó un vehículo de pruebas con una masa de 300Kg., cuya velocidad inicial de impacto fue 7,63 m/s, una velocidad final luego del choque de - 0,3 m/s y el tiempo que duró el choque fue de 0,07 segundos.

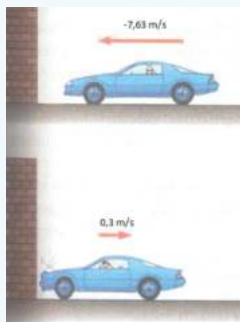


Figura 4. Velocidades de impacto.

Se determinó el momento inicial y el momento final empleando las velocidades:

$$P_i = m * V_i$$

$$P_i = 300kg. * -7,63 \frac{m}{s} = -2289,2kg * \frac{m}{s}$$

$$P_f = m * V_f$$

$$P_f = 300kg. * 0,3 \frac{m}{s} = 90 kg * \frac{m}{s}$$

Cada uno de estos momentos servirá para determinar el impulso mecánico generado:

$$I = \Delta P = P_f - P_i$$

$$I = ((90) - (-2289,2))kg * \frac{m}{s} = 2379,2 kg * \frac{m}{s}$$

Se requiere conocer la duración del impacto por tal motivo, en la prueba realizada por los estudiantes de la FESPE 2012, utilizaron un sensor de aceleración y mediante LAVIEW se pudo determinar el tiempo del choque que fue de 0,07 segundos. Entonces la fuerza promedio ejercida sobre el automóvil es:

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{2379,2kg * \frac{m}{s}}{0,07s} = 33988,57 \text{ Newton}$$

Esta fuerza determinada es la que absorberá el vehículo luego de un choque frontal, dependerá también del diseño estructural para la distribución adecuada de fuerzas.

#### Aceleración

La severidad del impacto será determinada en función de las veces que la gravedad influya en el choque. Los efectos producidos en el intervalo del choque pueden ser calculados en función de la aceleración promedio del impacto:

$$a = \frac{V_f - V_i}{t} = \frac{7,6 \frac{m}{s} + 0,3 \frac{m}{s}}{0,07s} = 112,86 \frac{m}{s^2} = 11,5g$$

#### V. CONCLUSIONES

- De las condiciones de funcionamiento que se encuentre el vehículo, dependerá el tiempo que se ocupe para poderlo detener cuando el conductor lo desee.
- Es importante tener en cuenta que el conductor al ser su tiempo de reacción variable, será necesario que tenga unas características físicas adecuadas, con la finalidad de que el tiempo de reacción sea el mínimo posible.
- Se debe tomar en cuenta que si la velocidad de circulación del vehículo aumenta, en el momento de un choque; si la velocidad es mayor, la fuerza de reacción que se genera luego del choque también será mayor.

#### VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Luque, P., Álvarez, D y Vera, C. (2008). Ingeniería del Automóvil (1a ed.). España: Thomson.
- Cascajosa, M. (2006). Ingeniería de Vehículos (2aed.). España: Alfaomega.
- Staniforth, A. (1992). Race and Rally Car Source Book (3a ed.). England: Haynes

