

# Determinación experimental de la distancia de frenado de un automóvil

---

## **ARMANDO ARREDONDO LÓPEZ**

Estudiante Ingeniería de sistemas y telecomunicaciones  
Universidad Católica Popular del Risaralda

## **JULIANA BERMÚDEZ HENAO**

Estudiante Ingeniería de sistemas y telecomunicaciones  
Universidad Católica Popular del Risaralda

## **WILLIAM PRADO MARTÍNEZ**

prado@ucpr.edu.co  
Profesor Universidad Católica Popular del Risaralda  
Ingeniero Mecánico  
Aspirante a MSC en sistemas automáticos de producción

---

### **Resumen:**

*El presente artículo da cuenta del procedimiento y resultados obtenidos en la medición de la distancia de frenado para un vehículo convencional de pasajeros y el cálculo del coeficiente de fricción cinética entre las ruedas y el piso utilizando las leyes de la cinemática y las leyes de Newton para el movimiento. El experimento se realizó en la asignatura de física mecánica de la Universidad Católica Popular del Risaralda.*

**PALABRAS CLAVES:** *distancia de frenado, coeficiente de fricción, autos*

### **Introducción**

La distancia del frenado es la distancia necesaria para que un vehículo que se mueve con velocidad inicial  $v_i$  se detenga por completo por acción de una aceleración constante o variable  $a$ , como la aceleración durante el frenado produce una disminución de la velocidad suele denominarse también desaceleración.

Si se considera que la desaceleración es constante, la distancia de frenado se puede determinar fácilmente de manera analítica o experimental. La forma analítica se utiliza cuando se conocen con anterioridad todos los parámetros concernientes al frenado, como son; el coeficiente de frenado, el coeficiente de fricción y la masa entre otros.

El método experimental consiste en realizar la medición de la longitud desde el punto inicial de aplicación de los frenos hasta el punto en el que el automotor se detenga por completo, en general la prueba se realiza sobre una vía horizontal recta. La prueba puede combinar diferentes condiciones de materiales, estado de las llantas y piso, así como las condiciones ambientales de temperatura y lluvia. Este método provee de información necesaria para estimar los parámetros concernientes al frenado en diferentes condiciones. Determinar la distancia de frenado se considera necesario para optimizar la seguridad en los vehículos, el diseño de señalizaciones y el trazado de vías.

### Marco Teórico

Las variables utilizadas en los diferentes cálculos son:

$V_i$  : Velocidad inicial

$v_f$  : Velocidad final

$f_f$  : Fuerza de fricción.

$m$  : Masa

$x$  : Distancia de frenado.

$a$  : Aceleración

$\mu_k$  : Coeficiente de fricción cinético.

$\eta$  : Fuerza normal.

$W$  : Peso.

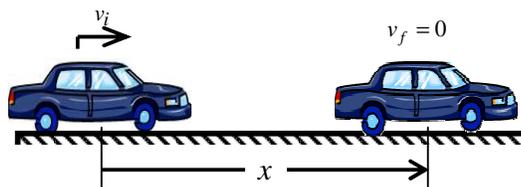


Figura No 1

La distancia de frenado  $x$  puede determinarse por medición directa. De esta manera, conociendo  $x$  y aplicando la ecuación (1) de la cinemática para un movimiento uniformemente acelerado puede cuantificarse la desaceleración promedio (2) necesaria para detener por completo el vehículo  $v_f = 0$ .

$$v_f^2 - v_i^2 = 2\bar{a}x \quad (1);$$

$$\text{Con: } v_f = 0 ;$$

$$\bar{a} = \frac{v_i^2}{2x} \quad (2);$$

La figura No2 muestra el diagrama de cuerpo libre para el movimiento de frenado de un carro.

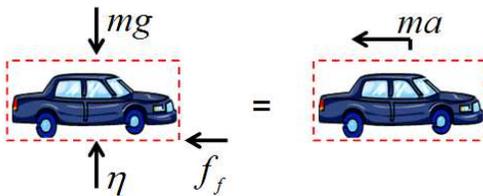


Figura No 2

Aplicando la segunda ley de Newton (3) a este sistema puede encontrarse la ecuación (4) para la fuerza de fricción (de frenado).

$$\sum \vec{F} = m\bar{a} \quad (3)$$

$$f_f = -m\bar{a} \quad (4)$$

Reemplazando (2) en (4), obtenemos (5):

$$f_f = -m \frac{v_i^2}{2x} \quad (5)$$

La fuerza de fricción suele relacionarse con la fuerza normal de contacto entre las superficies (6)

$$f_f = \mu_k \eta \quad (6)$$

De (6) puede estimarse el coeficiente de fricción cinético

$$\mu_k = \frac{f_f}{\eta} \quad (7)$$

### Descripción del experimento:

Para la prueba se eligió un auto que fuera representativo de los vehículos que transitan por la avenida de las Americas, en Pereira. En la tabla (1) podemos observar las especificaciones técnicas del vehículo.

Tabla nº 1. Características del auto.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
MARCA	HYUNDAI
LÍNEA	ACCENT gls
MODELO	2003
Nº PASAJEROS	4
TIPO DE FRENOS delanteros	De disco con ventilación.
TIPO DE FRENOS traseros	De tambor y zapatas.
Nº EJES	2
NEUMATICOS ESTÁNDAR	155/80 R13
TIPO DE MOTOR	4 cilindros en línea OHC
CAJA DE CAMBIOS (Mecánica)	API GL-4SAE 75W/90
CILINDRAJE	1500 cc
MASA	10852.52 Kg

La velocidad inicial  $v_i$  se definió igual a la velocidad promedio  $\bar{v}$  con la que transitan los automóviles por la vía anteriormente mencionada. Esta velocidad se calcula dividiendo la longitud calibrada (entre dos puntos específicos sobre la vía) entre el tiempo que tardan los vehículos en recorrer esta longitud.

La persona que condujo el vehículo durante la prueba, fue un conductor que no presenta limitaciones físicas y sin experiencia en cuanto se refiere a esta clase de pruebas, por este motivo, en todo momento no se realizaron exigencias que pusieran en riesgo a los pasajeros o al conductor. La prueba se realizó considerando un frenado "suave".

El lugar donde se realizó la prueba es una calle recta, con una pendiente sin obstáculos y sin baches, así mismo no presenta flujo de vehículos y posee una amplia visibilidad.

**Instrumentos de medición empleados.**

- Un cronómetro KADIO KD-6128.
- Un metro industrial.
- Para el manejo de imágenes y videos, una cámara digital sony Cyber-shot.
- Los diferentes tiempos y medidas fueron registradas en papel y luego en el ordenador.

**Datos y mediciones:**

Para determinar la velocidad inicial para el experimento que fuera acorde con la que se presenta en la Avenida de las Américas realizamos la siguiente prueba: tomamos el tiempo que se tardaba un carro en recorrer una distancia previamente establecida ( 40 m) y estos fueron los resultados de 30 autos:

**Tabla 2. Tiempos obtenidos para una distancia de 40 m.**

TIEMPO (s)				
2,19	1,56	1,81	2,14	2,64
2,82	1,92	1,96	2,77	2,44
2,96	2,32	2,62	2,25	2,89
2,46	2,46	2,16	2,11	2,91
1,98	2,09	3,30	2,51	3,74
2,26	1,99	2,80	1,51	2,90

**Medidas estadísticas de los carros (tiempo):**

Promedio del tiempo que tardaron los carros en recorrer 40 m en el lugar previamente mencionado.

**Media:** 2,41566667

**Desviación estándar:** 0,50084538

**Velocidad promedio:** así la velocidad promedio sería:

$$\bar{v}_i = \frac{x}{t} \quad \bar{v}_i = \frac{40_m}{2.41_s} \quad \bar{v}_i = 16.6 \frac{m}{s}$$

Por otra parte, realizamos pruebas con el vehículo anteriormente mencionado, teniendo esta una velocidad conocida para nosotros tomamos la distancia que se tardaba en detenerse por completo, estos fueron los resultados:

**Tabla 3. Distancia de frenado vehículo vs. Velocidad vehículo:**

velocidad (km/h)	distancia (m)
100,0	50,0
80,0	41,6
60,0	29,8

**Interpretación:** podemos concluir a partir de los resultados obtenidos, que a mayor velocidad se necesita mayor distancia de frenado. Si duplicáramos la velocidad, elevándola al cuadrado, necesitaríamos cuatro veces más desaceleración.

**Ajuste al modelo matemático.**

**Masa del carro:** 1107,34 Kg.

$$w = mg \quad w = 1107.34 \times 9.8 \quad w = 10852.52N$$

**Sumatoria de fuerzas:**

$$\uparrow + \sum f_y = 0$$

$$N - W = 0$$

$$N = W$$

$$N = 10852.52$$

$$\rightarrow + \sum f_x = m(-a_x)$$

$$f_f = m(-a_x)$$

$$f_f = 1107.34(-a_x)$$

$$v_f^2 - v_i^2 = 2aX$$

$$a = \frac{-v_i^2}{2X}$$

$$a = \frac{-16.6^2}{2 * 40}$$

$$a = -3.47 \text{ m/s}^2$$

$$f_f = 1107.34 \text{ kg} * 3.47 \text{ m/s}^2$$

$$f_f = 3842.678 \text{ N}$$

$$f_f = \mu N$$

$$\mu = \frac{f_f}{N}$$

$$\mu = \frac{3842.678}{10852.52}$$

$$\mu = 0.3540$$

### Interpretación:

Con los resultados obtenidos podemos concluir que en una distancia de 40 m. un automóvil a una velocidad de aproximadamente 60 Km/s. con las características previamente descritas, se detenga por completo. El cálculo del coeficiente de fricción cinético  $\mu_k$  dio como resultado un número menor a 1, lo que concuerda con los resultados obtenidos en el experimento con el carro, ya que la distancia medida desde donde el carro comienza a frenar hasta donde se detiene totalmente fue de 29.8 metros.

### Conclusiones:

Del trabajo experimental se puede deducir, que las horas pico son uno de los factores que más afecta la velocidad vehicular que deberían llevar todos los conductores, es decir una velocidad que no sobrepase los 60 Km/H, ya que ha estas horas la imprudencia tanto de los automotores como de los peatones en la vía incrementa, y por lo tanto se presenta un mayor riesgo de accidentes.

En segundo lugar, si un vehículo de estas características trata de frenar hasta detenerse totalmente al llevar una velocidad inicial de 60 Km/ h promedio, en una distancia de 40 metros alcanzaría a detenerse por completo.

Al tener la distancia que patina un carro al desacelerar constantemente llevando una velocidad inicial determinada, pudimos emplear la forma analítica para calcular el coeficiente de fricción y así, determinar si el carro podría detenerse totalmente en una distancia determinada. El coeficiente de fricción varía entre 0 y 1, siendo 0, la fricción más baja y uno la más alta. El resultado obtenido fue un valor intermedio,  $\mu = 0.3540$ , por lo que podemos decir que el carro, sí frenaría totalmente.

### **Conceptos:**

**Velocidad:** Es la magnitud que expresa la variación de posición de un objeto en función de la distancia recorrida por un objeto en la unidad de tiempo. Se suele representar por la letra  $\vec{v}$ . En el Sistema Internacional de Unidades su unidad es el metro por segundo  $\frac{m}{s}$ .

**Aceleración:** La aceleración es la magnitud física que mide la variación de la velocidad con respecto al tiempo. Las unidades para expresar la aceleración serán unidades de velocidad divididas por las unidades de tiempo: longitud/tiempo<sup>2</sup> (en unidades del sistema internacional se usa generalmente [m/s<sup>2</sup>]).

**Peso:** Se denomina peso de un cuerpo a la fuerza que ejerce sobre dicho cuerpo la gravedad. El peso es la masa del cuerpo por la gravedad.

**Normal:** Si dos cuerpos están en contacto, de acuerdo al principio de acción y reacción de Newton, se ejercen fuerzas iguales sobre ambos cuerpos. Esta fuerza debido al contacto se llama Fuerza Normal y es siempre perpendicular a la superficie de contacto.

**Fuerza de fricción:** Se define como fuerza de rozamiento o fuerza de fricción a la resistencia que se opone al movimiento (fuerza de fricción cinética) o a la tendencia al movimiento (fuerza de fricción estática) de dos superficies en contacto. Se genera debido a las imperfecciones, especialmente microscópicas, entre las superficies en contacto. Estas imperfecciones hacen que la fuerza entre ambas superficies no sea perfectamente perpendicular a éstas, sino que forma un ángulo (el ángulo de rozamiento) con la normal. Por tanto esta fuerza resultante se compone de la fuerza normal (perpendicular a las

superficies en contacto) y de la fuerza de rozamiento, paralela a las superficies en contacto.

### **Bibliografía.**

RESNICK, Robert; HALLIDAY, David. Física Parte 1. compañía editorial continental S.A. México

<http://www2.uah.es/jmc/webpub/INDEX.html>

SERWAY Y BEICHNER. Física para ciencias e ingenierías. Tomo I. Quinta edición. Editorial Mc-Graw Hill.