



**UNIVERSIDAD DEL ACONCAGUA**

**FACULTAD DE PSICOLOGÍA**

**LICENCIATURA EN CRIMINALÍSTICA**

**TESINA**

“INFLUENCIA DEL DESGASTE DE NEUMÁTICOS  
EN EL COEFICIENTE DE FRICCIÓN”

**SUBTEMA**

Establecer si el estado de uso de los neumáticos afecta la distancia de frenado.

**ALUMNO:**

**MICHEAS MARISOL**

**DIRECTOR:**

**Lic. OSVALDO CUELLO**



## **RESUMEN**

La presente investigación tuvo como finalidad estudiar la influencia del estado de uso de los neumáticos en el coeficiente de fricción. Con este propósito se realizaron pruebas de frenado con un automóvil Chevrolet Corsa utilizando neumáticos nuevos y neumáticos desgastados, sobre calzada de hormigón seco, a una velocidad real controlada de 40Km/h. Por medio de las distancias de frenados obtenidas, producto de un frenado de pánico, y la aplicación de la ecuación fundamental, se calcularon los coeficientes de fricción con neumáticos nuevos y neumáticos desgastados. Lo que puso en evidencia una diferencia en las distancias de frenado, por ende una variación en el coeficiente de fricción. De esta manera se demuestra que el estado de uso de los neumáticos afecta el coeficiente de fricción, por lo que se manifiesta que existen diferencias entre lo investigado y la bibliografía más difundida lo cual estaría produciendo errores en el cálculo de la velocidad.

## **SUMMARY**

The present investigation had a final purpose of studying the influence in the state of the use of rubber tires in the coefficient of friction. This led to brake trials of an automobile (Chevrolet Corsa) using new tires and used (worn down) tires on dry cement paved road ways, at a real and controlled speed of 40km/h. Through the brake distance obtained, do to a panic stop, and the application of the fundamental equation, it was possible calculating the coefficient of friction of the new and used rubber tires. This evidence shows the difference in distance between braking as well as the variation in coefficient of friction. This demonstrates that the state of condition between tires affects the coefficient of friction, which manifest the existing difference between investigation and the most widespread bibliography where this is producing errors in the calculation of speed.

## ÍNDICE

Carátula.....	1
Título y autor.....	2
Hoja de Evaluación .....	3
<b>Resumen</b> .....	4
Índice.....	6
<b>Capítulo I</b>	
I.1. Introducción.....	9
I.2.- El Problema de Investigación.....	10
I.3.- Justificación y Relevancia de la Investigación .....	11
I.4.- Objetivos de Investigación.....	11
I.4.1.- Objetivo General.....	11
I.4.2.- Objetivos Específicos.....	11
I.5.- Hipótesis.....	12
I.6.- Aspecto Metodológico.....	12
I.6.1.- Tipo de estudio.....	12
I.6.2.- Material y método.....	12
<b>Capítulo II.</b>	
Antecedentes.....	15
<b>Capítulo III.</b>	
Marco conceptual de referencia.....	18
<b>Capítulo IV</b>	
Aspecto Metodológico.....	34
<b>Capítulo V</b>	
Resultados y Discusión.....	40
<b>Capítulo VI</b>	
Conclusión.....	69
<b>Capitulo VII</b>	
Bibliografía Consultada.....	72
<b>Anexos</b> .....	75

**TESINA**

***“INFLUENCIA DEL DESGASTE DE NEUMÁTICOS  
EN EL COEFICIENTE DE FRICCIÓN”***

**SUBTEMA:**

*Establecer si el estado de uso de los neumáticos afecta la distancia de frenado.*



## CAPÍTULO I



## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1. INTRODUCCIÓN**

La reconstrucción del siniestro vial tiene como objetivo determinar cuál fue la dinámica antes, durante y después del siniestro ocurrido, así como también tiene como objeto determinar la velocidad a la cual circulaban los vehículos implicados.

Uno de los elementos más importantes a la hora de determinar la velocidad es la longitud de la huella de frenado que dejan los neumáticos y el coeficiente de fricción de dicha superficie. (López, González, Pulla. 2001). El hecho de que estos neumáticos tengan contacto con la vía, se vuelve el órgano vital más influyente en la génesis del siniestro. (Academia de tránsito de la guardia civil. 1991).

Irureta (1999) expone que el coeficiente de deslizamiento no está influido por el desgaste de los neumáticos, sin embargo se desconoce dicha investigación, este mismo autor, manifiesta tablas que solo consideran la superficie de terreno ignorando otros factores que pueden influir en el mismo.

Es por eso que esta investigación tiene como propósito establecer cómo el estado de uso de los neumáticos afecta la distancia de frenado. De esta manera hay que considerar ciertas variables como el tipo de vehículo (automóvil tipo sedan de 4 puertas), la velocidad (40Km/h), el tipo de superficie (hormigón seco); presión de inflado (normal) y temperatura (controlada).

Luego de que se obtengan dichos datos, que se representan en forma de números, serán analizados estadísticamente a fin de establecer la influencia de los neumáticos en la ponderación del coeficiente de fricción.

## **2. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Como técnicos en accidentología tenemos el propósito de investigar y reconstruir un siniestro vial, y uno de los objetivos principales es la determinación de la velocidad pre-impacto, es decir, la velocidad con la que circulaban los vehículos antes de ocurrir el mismo. Para realizar este trabajo es necesario como dato principal conocer la longitud de la/las huellas/s de frenado y la aplicación de un coeficiente de fricción que se encuentra tabulado en distintas tablas que recomienda la bibliografía especializada. (López, González, Pulla. 2001).

El problema que se plantea es que dichas tablas solo consideran la superficie de terreno tanto húmeda como seca, sin tener en cuenta otros factores que pueden influir en el mismo, como por ejemplo el estado de uso de los neumáticos y como éstos influye en el coeficiente de fricción. (Irureta 1999).

Surge así la pregunta de investigación: ¿Existe relación entre el estado de uso de los neumáticos con el coeficiente de fricción, cuando un automóvil frena a una velocidad promedio de 40km/h?

Para realizar esta investigación se considerarán diferentes factores como el tipo de vehículo, tipo de superficie, velocidad de circulación, presión de los neumáticos, temperatura ambiente y temperatura de la calzada que serán controladas (uniformes) variando solamente el estado de uso de los neumáticos a fin de verificar si este factor afecta el coeficiente de fricción.

### **3.- JUSTIFICACIÓN Y RELEVANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

Con la presente investigación se pretende establecer científicamente si el estado de uso de los neumáticos afecta la distancia de frenado. Al desconocerse los resultados estamos en presencia de ignorar si el coeficiente de fricción es afectado por este factor, y al ser algo de suma importancia y relevante para el estudio de los siniestros esta investigación tiene como meta hacer dicho estudio para otorgar información a ser utilizada por los peritos al momento de que ocurra un siniestro.

### **4.- OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. Objetivo General**

- Asociar la influencia del estado de uso de los neumáticos con el coeficiente de fricción.

#### **4.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la longitud de la huella de frenado de neumáticos desgastados.
- Determinar la longitud de la huella de frenado de neumáticos nuevo.
- Realizar comparaciones entre los resultados obtenidos y con la bibliografía relacionada.

## **5.- HIPÓTESIS**

*“El estado de uso de los neumáticos afecta la distancia de frenado cuando un automóvil circula a una velocidad de 40Km/h.”*

## **6.- ASPECTO METODOLÓGICO**

### **6.1.- Tipo de estudio**

El nivel de la investigación a llevarse a cabo es Relacional teniendo en cuenta sus objetivos, ya que se busca establecer la relación entre la variable de estudio y otra variable la cual se piensa puede estar relacionada.

Tiene un enfoque cuantitativo, debido a que usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico.

La investigación es de tipo Experimental, ya que hay intervención del investigador y según la planificación de los datos es prospectivo.

### **6.2.- Materiales y Método**

Se realizaron experiencias de frenado con un automóvil Chevrolet Corsa tipo sedán de 4 puertas con neumáticos nuevos y usados a fin de comparar si existen variaciones en la distancia de frenado y se producen cambios en el coeficiente de fricción.

La unidad de estudio son los ensayos de frenada, la variable de supervisión es la distancia de frenado y las variables asociadas son el estado de uso de los neumáticos.

Se toma en consideración la distancia de frenada con uno y otro tipo de neumáticos, manteniendo controlada una velocidad constante de 40 Km/h. (velocidad real), presión de inflado, temperatura de los neumáticos, temperatura de los frenos y temperatura de la calzada.

Algunos instrumentos de medición que se utilizaron fueron: un manómetro para presión de neumático, un pirómetro para temperatura y un profundímetro, calibre para determinar el desgaste de los neumáticos, entre otros.



## CAPÍTULO II

## **CAPITULO II**

### **ANTECEDENTES**

Como antecedentes contamos con una investigación realizada por Goudie, D.W., Bowler, J.J., Brown, C.A. & Heinrichs, B.E. (2000) quienes estudiaron sobre “*Fricción neumática con frenado de rueda bloqueada*” en la cual se determinó el valor promedio del coeficiente de fricción obtenido sobre una superficie de pavimento seco. Para estas pruebas se utilizaron tres tipos de neumáticos diferentes: económico, turismo y performance. En los resultados se pudo observar diferencias de los coeficientes obtenido con cada tipo de neumático. Es decir que el tipo de neumático también tiene influencia al momento de realizar una frenada.

Wallingford, J.G., Greenlees, W. & Christoffersen, S. (1990) Realizaron estudios para determinar los coeficientes de fricción neumático-carretera sobre superficies de asfalto a distintas velocidades. Para ello realizaron numerosas pruebas a 30 mph y 50 mph, utilizando tres tipos de neumáticos diferentes: radial performance (Performance radial), radial de producción normal (Standard radial) y diagonal (Bias ply), en buenas condiciones (sin los hilos visibles). Aunque el objetivo de la misma era determinar el coeficiente de rozamiento promedio, se observó los diferentes coeficientes de rozamiento obtenidos con los diferentes tipos de neumáticos. Y en las distintas velocidades un mismo neumático presentaba diferencia con respecto al coeficiente de fricción.

Un estudio del nivel descriptivo, realizado por Lucia Martínez (2010). Estudio “*Influencia del desgaste del neumático en el cálculo de velocidad*”, donde se utilizaron neumáticos nuevo y neumáticos lisos concluyendo que las distancias de detención generadas por ambos tipos de neumáticos presentaron una variación promedio de 7 % a favor de los neumáticos lisos, lo que equivale a una distancia de 30 cm, observándose una variación máxima de 15 %, equi-

valente a una distancia de 75 cm, también a favor de los neumáticos lisos. Esto significa que, en general, los neumáticos lisos logran detener al vehículo en una distancia menor que los neumáticos nuevos.

Respecto de los coeficientes de rozamiento, también se obtuvo una variación promedio de 7 % y una variación máxima de 15 % a favor de los neumáticos lisos. Esto significa que el coeficiente de rozamiento obtenido con neumáticos lisos sobre asfalto seco es mayor que el obtenido con neumáticos nuevos sobre la misma superficie.





### CAPÍTULO III

### CAPÍTULO III

#### MARCO CONCEPTUAL DE REFERENCIA

La presente investigación se apoya en los principios de la Física, mediante los conceptos aportados por la Mecánica, rama de la Física que estudia las relaciones entre Fuerza, Materia y Movimiento, el Trabajo y la Energía.

#### 1.- LEYES DE NEWTON

La Mecánica está basada en tres leyes establecidas por primera vez por Isaac Newton y publicadas en 1686 en su libro "*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*", las cuales relacionan la fuerza y el movimiento. Aquí se definen magnitudes como Fuerza, Masa, Velocidad y Aceleración. Los fundamentos que permitieron a Newton la formulación de estas leyes fueron establecidos por Galileo Galilei en sus estudios sobre el movimiento acelerado.

- a) **Primera ley de Newton o "Principio de inercia"**: *"Todo cuerpo continúa en su estado de reposo, o de movimiento rectilíneo uniforme, a menos que sea impelido a cambiar dicho estado por fuerzas que actúan sobre él."*
- b) **Segunda ley de Newton o "Principio de conservación de la cantidad de movimiento"**: *"La aceleración de un cuerpo es igual a la resultante de todas las fuerzas ejercidas sobre la partícula dividida entre su masa y tiene la misma dirección que la fuerza resultante".*

- c) **Tercera ley de Newton ó “Principio de acción y reacción”**: *“A cada acción se opone siempre una reacción igual, es decir, las acciones mutuas entre dos cuerpos son siempre iguales y están dirigidas hacia partes contrarias.”*

## 2.- **TRABAJO Y ENERGÍA**

Cuando un cuerpo se mueve una distancia  $d$  sobre una línea recta, mientras actúa sobre él una fuerza constante de magnitud  $F$  en la misma dirección del desplazamiento, el trabajo  $W$  realizado por la fuerza se define como:

$$W = F \cdot d$$

Cuando el trabajo  $W$  es positivo, la componente de la fuerza está en la misma dirección que el desplazamiento, cuando ésta es opuesta al desplazamiento, el trabajo es negativo.

El trabajo realizado por una fuerza sobre un cuerpo está relacionado directamente con la variación del movimiento del cuerpo: *“El trabajo realizado por la fuerza que produce o modifica el movimiento de un cuerpo, es igual a la variación de la energía cinética de éste”* (teorema de las fuerzas vivas).

$$W_{neto} = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$$

El producto  $F \cdot d$  es el trabajo de la fuerza resultante y la cantidad  $\frac{1}{2} m \cdot v^2$  al cuadrado se denomina Energía Cinética  $E_c$ , magnitud escalar cuyo valor es:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

### **- Principio General de Conservación de la Energía**

“*Si no actúan fuerzas exteriores a un sistema, su energía permanece constante*”. Podrá haber intercambios entre unas u otras formas de energía, pero su suma, la energía total es siempre la misma.

En el campo de los accidentes de tráfico, este Principio es de suma importancia, pues un vehículo que circula a una velocidad posee una energía cinética que, al colisionar con algún objeto, no se perderá, sino que transformará en calor, desplazamientos, deformaciones, etc.

### **3.- ACCIDENTOLOGÍA VIAL**

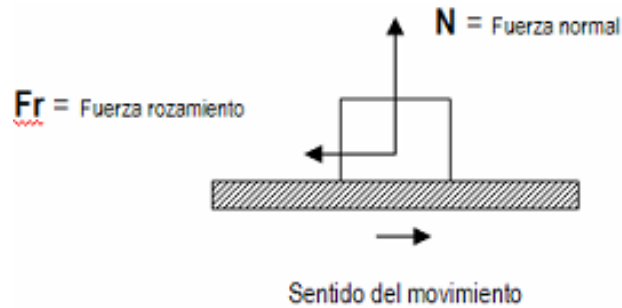
Juan Héctor (2001) asegura que la Accidentología Vial es la especialidad de la criminalística cuya finalidad involucra el estudio referido a la participación y protagonismo de todos los vehículos automotores que estén vinculados a los momentos inmediatos, mediatos y posteriores al siniestro vial acontecido.

En toda investigación accidentológica, establecer la velocidad de circulación es importante, no sólo para el perito que le interesa establecer la dinámica de producción del siniestro y su correspondiente reconstrucción, sino que también este es un dato fundamental para el Juez que deberá investigar si hubo violaciones a las leyes que regulan la circulación vial.

#### **A.- Fuerza de Rozamiento**

Las fuerzas de rozamiento están presentes cuando se produce deslizamiento de un objeto sobre otro, cuando un objeto rueda sobre una superficie, etc. El rozamiento es una fuerza que se opone al movimiento de los cuerpos. Su existencia se debe a las rugosidades y deformaciones de las superficies.

El físico francés Guillaume Amontons (1663 - 1705) estudió el deslizamiento seco de dos superficies planas y planteó las siguientes conclusiones.



- La fuerza de rozamiento se opone al movimiento de un bloque que desliza sobre un plano.
- La fuerza de rozamiento es proporcional a la fuerza normal que ejerce el plano sobre el bloque.
- La fuerza de rozamiento no depende del área aparente de contacto.

Medio siglo después, Coulomb (1736-1806), añadió una propiedad más y es que una vez empezado el movimiento, la fuerza de rozamiento es independiente de la velocidad.

Sobre este tema Resnick, Halliday y Krane dicen: “*Si lanzamos un bloque a una determinada velocidad sobre una mesa horizontal, al final llegara al reposo, esto significa que, mientras se esta moviendo, experimenta una aceleración que apunta en dirección opuesta a su movimiento. En este caso afirmamos que la mesa ejerce una fuerza de fricción sobre el bloque que termina por detenerlo*”.

Deslizando pesos distintos, de la misma materia, en la misma superficie horizontal, observamos que “*la resistencia al deslizamiento es directamente proporcional al peso  $P$  del cuerpo, si sobre éste no actúa ninguna otra fuerza*”. Esta proporcionalidad está dada por un factor de proporcionalidad  $\mu$  llamado coeficiente de rozamiento.

La interpretación de las fuerzas de rozamiento es muy compleja, como se observa al considerar los procesos de rozamiento a escala microscópica. El perfil de las superficies dista mucho de ser plano y el área real de las superficies en contacto es mucho menor que el que aparenta a escala macros-

cópica. Se producen adherencias entre las zonas en contacto y con el deslizamiento, se deforman esas zonas.

### **B.- Coeficiente de rozamiento**

El valor que nos indica el grado en que dos superficies rozan entre sí se denomina “*coeficiente de rozamiento*” y cuanto mayor es esta cifra, mayor es la adherencia existente; con la consideración que dicho coeficiente siempre es relativo a dos superficies entre sí.

### **C.- Cálculo de Velocidad a Través de las Huellas de Frenado**

Como explican López, González y Pulla en su “*Manual Básico de Investigación y Reconstrucción*”, si se aplica el Principio General de Conservación de la Energía: “*la pérdida de energía cinética del vehículo se debe al trabajo realizado por la fuerza de rozamiento a lo largo de la distancia de frenado*”, a un vehículo que circula inicialmente a una velocidad  $V$  y se detiene tras dejar  $d$  metros de huella de frenado sobre una vía horizontal, se obtiene la ecuación fundamental del cálculo de velocidad:

$$\begin{aligned}
 -\Delta E_c &= W_r \\
 -(E_{cf} - E_{ci}) &= F_r \cdot d \\
 -\left(0 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2\right) &= \mu \cdot N \cdot d \\
 \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 &= \mu \cdot m \cdot g \cdot d \\
 \frac{1}{2} \cdot v^2 &= \mu \cdot g \cdot d \\
 v &= \sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot d}
 \end{aligned}$$

Donde  $E_c$ : Energía Cinética

**W<sub>r</sub>**: Trabajo de rozamiento

**F<sub>r</sub>**: Fuerza de rozamiento

**N**: Fuerza normal al plano (sobre un plano horizontal  $N = \text{Peso del cuerpo}$ )

**d**: distancia de frenado

**m**: masa

**v**: velocidad

**g**: Fuerza de gravedad

**μ**: coeficiente de rozamiento

De allí obtenemos la conocida ecuación fundamental que será utilizada en la presente investigación a fin de calcular el coeficiente de fricción que presentan frenadas con neumáticos nuevos y usados.

El cálculo del coeficiente de fricción se establecerá conociendo la distancia de frenado y la velocidad conforme a lo siguiente:

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

Despejando la raíz cuadrada obtenemos que:

$$2 \cdot \mu \cdot g \cdot d = V^2$$

Despejando, para obtener el valor de  $\mu$ , nos queda:

$$\mu = \frac{V^2}{2 \cdot g \cdot d}$$

Fórmula esta que nos permitirá obtener el valor del coeficiente de fricción en cada frenada al conocerse el valor de la distancia y la velocidad.

#### **4.- NEUMÁTICOS**

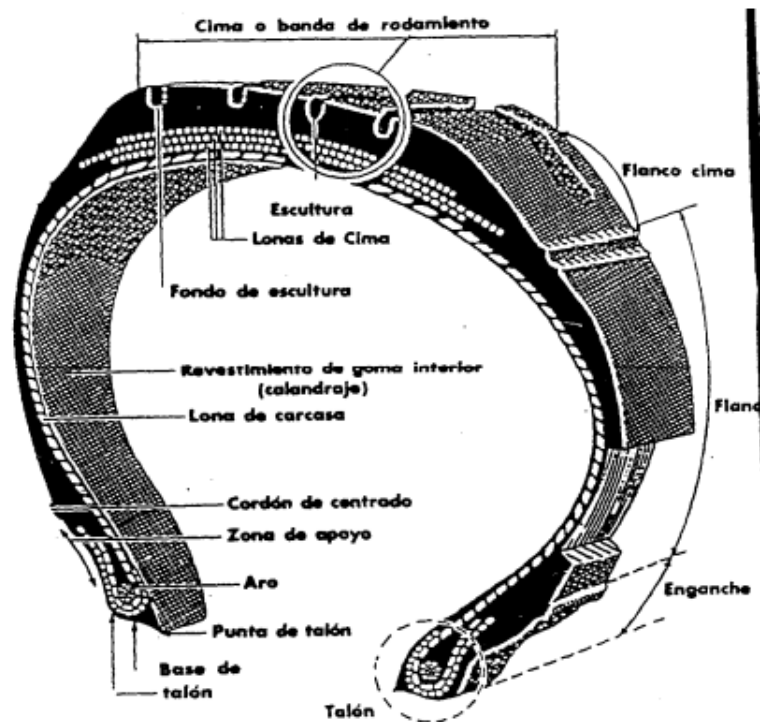
La Academia de Tráfico de la Guardia Civil. (1991) explica que los neumáticos son el órgano que toma contacto con la vía, por lo que es el componente más influyente en la génesis del siniestro. El neumático nació destinado a proporcionar mayor confort a los vehículos, este mismo consiste en una cubierta, principalmente de caucho, que contiene aire el cual soporta el vehículo y la carga.

En la actualidad, la mayoría de los neumáticos de vehículos de pasajeros, como los de camión, son radiales, por lo que están compuestos de una banda de rodamiento elástica, una cintura prácticamente inextensible y una estructura de aros radialmente orientada, sobre una membrana inflada y sobre unos aros también inextensibles que sirven de enganche a otro elemento rígido, que es la llanta. También existen otro tipo de neumáticos llamados diagonales, utilizados principalmente en camiones.

La banda de rodamiento es la encargada de asegurar la adherencia del vehículo a la carretera, independientemente de cual fuere es estado del pavimento y de su composición, además de permitir la transmisión de los esfuerzos de tracción y frenado. Su compuesto de caucho debe resistir la abrasión y el desgaste. Dicha banda de rodamiento presenta un dibujo o escultura.

El principal componente del neumático es el caucho, casi la mitad de su peso. En la fabricación de un neumático se utilizan cauchos naturales y sintéticos, cuya combinación se realiza de modo que los primeros proporcionen elasticidad y los segundos estabilidad térmica. Además de caucho, los neumáticos están compuestos por: rellenos reforzantes, fibras reforzantes, plastificantes, agentes vulcanizantes, acelerantes, retardantes, antioxidantes o antiozonizantes y adhesivos.





### **A.- Adherencia del Neumático**

Los neumáticos son los encargados de asegurar en todo momento el agarre del vehículo al suelo. Este agarre se consigue con el rozamiento entre la superficie del suelo y la banda de rodadura del neumático. El coeficiente de rozamiento está en función del estado del suelo, del tipo de compuesto de los neumáticos, de la profundidad del dibujo, y de la presión de inflado.

Siempre que existe una transmisión de fuerza entre el neumático y el suelo se produce un deslizamiento entre ambos.

### **B.- Desgaste**

Según la misma Academia de Tráfico de la Guardia Civil. (1991) manifiesta que el desgaste se puede clasificar según la causa en externos e internos.

Dentro de los externos debemos considerar:

- a) El clima: El aumento de la temperatura ambiental modifica la rigidez de los elementos del neumático y originan pérdida importantes en la composición del neumático. Como diferencia, la humedad reduce el desgaste; ya que el vapor de agua contenido en el aire hace disminuir la temperatura de funcionamiento, sin embargo, es más susceptible a los cortes, causa muy importante en el deterioro del neumático.
- b) Revestimiento de la calzada: El tipo de calzada va influir notoriamente en el desgaste. Cada tiempo de superficie tiene un coeficiente de fricción distinto a los demás, por ende el neumático se va a desgastar más o menos según el tiempo de superficie en el cual se encuentre circulando.
- c) Perfil de la carretera: Ninguna carretera es completamente plana, puesto que el diseño de su trazado incluye perfiles convexos que faciliten el desgaste. Estos perfiles provocan el desgaste desigual de los neumáticos.
- d) Trazado: Las curvas de la carretera provocan mayores desgastes ya que la fuerza lateral que se produce en los giros provoca deslizamientos transversales, transferencias de carga y flexiones repetidas de la carcasa.

Entre las causas Internas, pueden ser relativos al vehículo y al modo de conducir del conductor, entre los cuales destacan:

- a) Exceso de carga: Cada neumático está preparado para soportar un peso determinado. Ocurre con demasiada frecuencia que los vehículos ligeros dedicado al transporte de mercancía, transportan un peso superior al que están destinados.

- b) Presión de inflado: Con independencia de un desgaste mayor, su rendimiento no es el adecuado, tanto si la presión lo es en exceso como si lo es por defecto.
- c) Vehículo: Malas direcciones, reflejas o paralelismos defectuosos generar desgastes anormales. Los montajes inadecuados provocan los mismos defectos.
- d) Velocidad: Una excesiva y constante velocidad sin tener en cuenta las peculiaridades de construcción del neumático, aboca a un desgaste prematuro.
- e) Conducción agresiva: Arranques y aceleraciones rápidas en semáforo, frenados sucesivos y constantes, toma de curvas a velocidades excesivas generan un desgaste muy rápido de los neumáticos.
- f) Estacionamientos: Parar el vehículo rozando los bordillos o incluso, pellizcando los flancos pueden conducir a un pronto deterioro de las zonas más delicadas del neumático.

### **C.- Influencia del desgaste en la accidentabilidad**

Los desgastes en la banda de rodadura influyen en la adherencia y, por ello, en la eficacia de frenada y en la estabilidad en curvas. Por tanto, según manifiesta la Guardia Civil, la escultura de la banda de rodadura debe mantenerse en línea de uso hasta tanto la profundidad del dibujo alcance el mínimo de 1,6 mm, considerado esencial para un nivel de seguridad aceptable, con menos de un milímetro de profundidad, el comportamiento del vehículo durante una frenada disminuye de un 60 a 70 % a partir de los 80 km/h.

Estos factores afectan la determinación del coeficiente de rozamiento neumático-calzada y, por lo tanto, la estimación de la velocidad inicial de un vehículo a través de huellas de frenado.

Por lo tanto en la presente investigación se realizarán experimentos a fin de establecer cómo influye el desgaste de los neumáticos en la cuantificación o ponderación del coeficiente de fricción y si este afecta la estimación de la velocidad de circulación de un vehículo.

## 5.- LA VÍA

### A.- Estructura

Las carreteras pueden ser de firme *rígido o flexible*. Los primeros están formados por base de hormigón que tiene como cualidad el transmitir los esfuerzos a distancia, repartiéndolos en una gran superficie. Los segundos, se forman por capas de materiales con poca resistencia a la tracción y la transmisión de las presiones se efectúa de un modo normal.

El rígido está constituido por dos capas y necesita hormigón de gran calidad, es costoso, bueno para tráficos intensos y pesados, con gran duración, pero incómodo y de reparaciones de elevado coste y dificultades.

El flexible se ajusta a las deformaciones del terreno, y tiene las ventajas e inconvenientes contrarias a las de los rígidos.

El pavimento es la capa superior del firme, la que se halla en constante contacto con la atmosfera, crea una superficie de rodadura cómoda y segura y tiene como misiones resistir la acción mecánica de los vehículos y los agentes atmosféricos y tiene que impermeabilizar el conjunto.

Otras capas que constituyen el conjunto del firme son: *la base*, que permite soportar las acciones mecánicas, *la sub-base*, que refuerza la acción de la base y se encarga de drenar las aguas filtradas, *la capa anti-contaminante*, que evita en terrenos arcillosos que ascienda la arcilla hacia la sub-base y la contamine, y *la explanada mejorada*, que ofrece a la sub-base una resistencia explanada. Esta está constituida por el material con el que se

ha hecho el terraplén o que ha quedado al descubierto, una vez efectuadas las operaciones de desmonte.

Los pavimentos deben tener las siguientes cualidades:

- a) Uniformidad: Cuando no hay existencias de ondulaciones ni desnivelaciones, la calzada es uniforme y el perfil es longitudinal y transversal. Esta cualidad asegura el confort de los usuarios y de la calzada misma.
- b) Rigidez: Le otorga al vehículo estabilidad y adherencia tanto longitudinal como transversal.
- c) Impermeabilidad: Es esencial que la superficie de la calzada asegure la impermeabilidad de las aguas de lluvia para evitar el cuarteo de la superficie y las consecuencias que ello trae consigo.
- d) Drenaje: Si el agua de la lluvia se acumula sobre el pavimento ya conocemos sus efectos, originan una menor adherencia del neumático, disminuye considerablemente la visibilidad de las marcas viales, ya además molesta continuamente al usuario en la posibilidad de observar la situación en el transcurso de la conducción.

## **B.- Condiciones de la superficie del pavimento**

- a) Una mala producción o mal proyecto de la extensión del pavimento puede originar ya desde el inicio defectos notorios trascendencia para ser tenidos en cuenta en un serio estudio de la vía. Algunas causas de fracaso y observaciones que presenta:
  - ✓ Cimentación insuficiente
  - ✓ Composición granulométrica
  - ✓ Exceso de ligante
  - ✓ Calentamiento inadecuado
  - ✓ Frio o lluvia

- b) Desgaste: se produce a medida que transcurre el tiempo.
- c) Surcos
- d) Baches
- e) Bordillos
- f) Bordes de la calzada
- g) Arcenes

## **6.- FRENADO**

El frenado consiste en la disminución de la velocidad o detención de la marcha de un vehículo que se halla en movimiento o para mantenerlo inmóvil cuando se encuentra detenido. Se realiza por medio de un pedal que es accionado a voluntad por el conductor haciendo actuar de esta manera la fuerza de frenado.

Durante el proceso de frenado de un vehículo el mismo sufre una transferencia dinámica de los pesos hacia la parte anterior, es por ello que el esfuerzo del conductor sobre el pedal, ampliado por el sistema de frenos no se transmite de igual modo al eje delantero que al trasero, siendo los delanteros siempre de mayor dimensión que los traseros.

Durante la frenada se produce una gran transformación energética con gran desprendimiento de calor, el cual debe ser evacuado rápidamente para evitar el fenómeno de fadding o sobrecalentamiento de los elementos mecánicos que componen el sistema, pudiendo los discos deformarse, las pastillas cristalizarse y el líquido de freno perder su propiedad formándose burbujas dentro de los conductos.

La eficacia de la frenada depende además de las superficies de contacto donde se concentrará la fricción siendo fundamentales a la medida del disco y pastillas y distancia entre las ruedas y el disco de freno, ya que cuando mayor sea esta distancia, es más fácil que se produzcan desequilibrios en la dirección durante el proceso de frenado.

### **A.- Frenada de pánico**

Irureta (2003) explica que en el frenado de pánico, no todas las frenadas dejan huellas, en su gran mayoría los vehículos, lo hacen reduciendo su velocidad sin deslizarse y sin dejar huellas de frenado. En situaciones riesgosas es muy difícil que el conductor tenga el temple como para soltar y apretar el freno en forma reiterada, lo usual es que clave los frenos, lo que se llama frenado de pánico. (pag.98).

## **7.- MARGEN DE ERROR EN EL CÁLCULO DE VELOCIDAD**

### **A.- Factores que intervienen en el cálculo de velocidad**

La Academia de tráfico de la Guardia Civil. (1991) manifiesta que no es posible presentar como prueba un velocidad exacta, siempre se establecerá un margen de error, que se puede estimar como de un 10 a 15 % por exceso o defecto sobre la velocidad calculada, ya que hay factores que hay que considerar a la hoja del cálculo de la velocidad.

Algunos factores son:

- a) Clase de pavimento y el estado de uso del mismo.
- b) Condiciones climáticas y elemento que afectan al firme.
- c) Pendiente de la carretera.
- d) Tipo y marca del vehículo.
- e) Sistema de frenos y estado de los mismos.
- f) *Neumático: estado, dibujo, clase.*
- g) Carga.

- h) Atención del conductor y pericia del mismo.
- i) La longitud de las huellas de frenada.
- j) Los desperfectos de los vehículos y sus desplazamientos.

Estos factores afectan la determinación del coeficiente de rozamiento neumático calzada y, por lo tanto, la estimación de la velocidad inicial de un vehículo a través de huellas de frenado.





## CAPÍTULO IV

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA

La presente investigación tuvo como propósito relacionar como el estado de uso de los neumáticos afecta al coeficiente de fricción, para lo cual se realizaron ensayos de frenada con un automóvil Chevrolet Corsa, en distintas condiciones a fin de verificar si las mismas tenían influencia en la longitud de la huella de frenado.

El estudio por lo tanto es de *Nivel Relacional*, con un enfoque Cuantitativo.

El tipo de investigación fue *Experimental*, dado que se han manipulado las variables “estado de uso de los neumáticos”. Así mismo se trata de un estudio de tipo *Prospectivo*, porque la planificación de la toma de datos fue a propósito de la investigación, las cuales fueron generadas a partir de ensayos de frenado llevados a cabo a los fines específicos para este estudio.

La variable de estudio se midió en más de una ocasión por lo que se trata de un estudio de tipo *Longitudinal*. También se trata de un estudio *Relacional* dado que por el nivel investigativo abordado se realizará un análisis estadísticos *Bivariado* de los factores intervinientes.

**a) Unidad de Estudio:** Se realizaron 20 ensayos de frenada con desaceleración brusca (frenado de pánico) en condiciones controladas, a una velocidad media de 40 km/h, con un automóvil Chevrolet Corsa, tipo sedán 4 puertas, sobre superficie de hormigón, realizadas en la cabecera norte de la pista de aterrizaje del ex Aeródromo de Mendoza, en la Base Cóndor del Ministerio de Seguridad. Por lo tanto nuestra Unidad de Estudio son los “Ensayos de Frenada”.

Condiciones de los Ensayos de Frenada	Cantidad de Ensayos
Neumáticos usados	10
Neumáticos nuevos	10
<b>Total de Unidades de Estudio</b>	<b>20</b>

Tabla N° 1 Condiciones de los Ensayos de Frenada

**b) Variable de Estudio:** La variable de estudio que se describirá es la “Distancia de Frenado”.

**c) Tipo de Variable:** La distancia de frenado fue medida en metros y centímetros, por lo tanto se trata de una Variable Numérica, medida en escala de Razón.

**d) Variables Analíticas:** El Cuadro de Operacionalización de Variables es el siguiente:

Variable de Supervisión	Indicador	Valor Final	Tipo de Variable
Distancia de frenado	Cinta Métrica	Metros	Numérica (Razón)
Variables Asociadas	Indicador	Valor Final	Tipo de Variable
Estado de uso de los neumáticos	Observador	Nuevas Usadas	Categoría (Nominal, Dicotómica)

Tabla N° 2 Variables Analíticas

**e) Instrumentos:** Para la medición de las variables y los datos relacionados, se utilizaron los siguientes instrumentos.

- ✓ Balanza, para establecer el peso de los ocupantes del vehículo.

- ✓ Cintas Métricas de 15 y 30 metros.
- ✓ Un Pirómetro digital.
- ✓ Dos Manómetros.
- ✓ Un Termómetro digital.
- ✓ Calibre.

**f) Materiales:**

- ✓ Automóvil Chevrolet Corsa, Modelo 2007, tipo sedán 4 puertas, con un peso en vacío de 1035 kgr.
- ✓ Cámara Fotográfica digital marca Nikon, modelo D5500
- ✓ Cámara Fotográfica digital marca Cannon, modelo EOS REBEL T3
- ✓ Filmadora marca JVC, modelo Everio, HD.
- ✓ Conos de Seguridad.
- ✓ Tizas.
- ✓ Linternas y Reflectores.
- ✓ Chaleco de seguridad para operadores.
- ✓ Cuatro Cubiertas Usadas marca Pirelli.
- ✓ Cuatro cubiertas nuevas marca Pirelli.

**g) Diseño de investigación:** El diseño fue experimental, dado que se realizaron ensayos donde se manipularon las variables asociadas.

**h) Procedimientos:** Para obtener los datos se hizo circular el vehículo a una velocidad media de 40 km/h. (+ - 0.5 km/h aprox.) sobre una superficie de hormigón viejo con poco uso, y sobre el cual se aplicó una frenada de pánico a fin de originar la impronta de las huellas de frenada sobre la superficie, cuya longitud, desde su inicio hasta la posición final del vehículo, se midió con cinta mé-

trica con la ayuda de cuatro operadores (estudiantes avanzados), discriminándose entre frenada derecha e izquierda cuyos valores se promediaron.

Se realizaron varios ensayos previos a fin de verificar todas las condiciones intervinientes midiéndose temperaturas de superficie, frenos y neumáticos, y al observarse variabilidad de éstos dos últimos producto de la fricción se debió esperar el tiempo suficiente de enfriamiento para lograr parámetros uniformes en todos los ensayos.

Para evitar el efecto del recalentamiento de la superficie por la incidencia del sol, se realizaron pruebas en horas de la noche, por lo que todos los ensayos se realizaron en horarios nocturnos entre las 00:00 hs. y 03:00 hs. aproximadamente en varias jornadas con temperaturas similares utilizándose reflectores y linternas de uso en minería para cada operador.

Las huellas fueron marcadas y medidas y para evitar posibles errores de observación todas se verificaron al día siguiente con luz de día, sin que existieran diferencias.

El error de medición se pudo controlar gracias a la intervención de cuatro operadores a fin de evitar subjetividades sobre todo en el criterio para delimitar el inicio de la huella de frenada.

En cada condición estudiada se realizaron diez ensayos de frenado controlando los promedios de las temperaturas de frenos, superficie y neumáticos disminuyendo el sesgo de los factores intervinientes y el error sistemático.

Los datos fueron registrados en una hoja de cálculo en el programa EXCEL de Microsoft ® para su posterior análisis estadístico en SPSS de IBM ®.

Para determinar la velocidad se tomó una filmación circulando a distintas velocidades sobre una distancia preestablecida de diez metros demarcada con conos, estimándose la velocidad en función del tiempo empleado, hasta lograrse una velocidad de circulación ideal de 11,11 m/s. equivalente a 40 km/h.

La distancia recorrida fue de 10 metros, delimitadas por conos de seguridad y el tiempo fue de 90 centésimas de segundo, lo que arrojó un valor de 11,11 metros sobre segundo, equivalente a 40 km. por hora, que en el velocí-

metro del vehículo indicaba 50 km/h. A esta velocidad se realizaron todos los ensayos con un error estimado de  $\pm 0.5$  km/h. Por último se destaca que aquellas pruebas donde el velocímetro no alcanzaba o excedía la velocidad establecida fueron abortadas o desechadas de los ensayos.



## CAPÍTULO V

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 1.- PROPÓSITO DEL ESTUDIO

Se llevaron a cabo 20 ensayos de frenada, a fin de “Asociar si el factor *ESTADO DE USO DE LOS NEUMÁTICOS* influye en la determinación del coeficiente de fricción cuando un vehículo frena a una velocidad promedio de 40 km/h., sobre una superficie uniforme.”

#### 2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS ENSAYOS

##### A.- DATOS GENERALES

**a) Lugar:** Cabecera Norte de la pista de aterrizaje del Ex Aeródromo de Mendoza, Base Cóndor.

**b) Tipo de Superficie:** Asfalto viejo, con poco uso, en condiciones de piso seco.

**c) Vehículo:** Chevrolet Corsa, tipo sedán 4 puertas, modelo 2007.

**d) Tipos de frenos:** Hidráulicos con circuito independiente. Delanteros a disco y traseros a tambor, con pastillas y cintas nuevas.

**e) Peso en vacío:** 1.035 kgr.

**f) Peso con un ocupante:** 1.135 kgr.



**g) Cubiertas Usadas:** Marca Pirelli, Modelo P-400 Touring, medidas 175/70/13, con una profundidad de dibujo de promedio de 2,587mm (Tomando en tres puntos arbitrarios en cada uno de los cuatro neumáticos)

**h) Cubiertas Nuevas:** Marca Pirelli, Modelo P-400 Touring, medidas 175/70/13, con una profundidad de dibujo de 7,827mm. (Tomando en tres puntos arbitrarios en cada uno de los cuatro neumáticos)

## **B.- PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

Para obtener los datos se hizo circular el vehículo a una velocidad media de 40 km/h. (+ - 0.5 km/h aprox.) y sobre el cual se aplicó una frenada de pánico a fin de originar la impronta de las huellas de frenada sobre la superficie. La distancia de frenada se midió con cinta métrica con la colaboración de cuatro operadores (alumnos de 4to. año de Criminalística supervisados por dos docentes), desde su inicio hasta la posición final del vehículo, discriminándose entre frenada derecha e izquierda cuyos valores se promediaron para obtener el valor final de la dimensión de la variable “Distancia de frenado”.

## **C.- CARACTERÍSTICAS DE LOS ENSAYOS DE FRENADA**

<i>Variables Asociadas</i>	<i>Variable de interés</i>
Neumáticos usados	Distancia de frenado
Neumáticos nuevos	Distancia de frenado
<b>Total de Unidades de Estudio</b>	<b>20</b>

Tabla Nº 3

### **D.- CONDICIONES GENERALES EN QUE SE RECOLECTARON LOS DATOS**

Se promediaron los datos de temperatura de todos los ensayos los cuales se realizaron bajo las siguientes condiciones:

#### **Condiciones ambientales de los ensayo**

Estadísticos Descriptivos	Temperatura Neumáticos	Temperatura frenos	Temperatura Superficie
Media	28,3250	24,3300	29,7000
Mediana	28,0000	25,0000	31,3750
Moda	28,00	26,00	16,00
Desviación Estándar	2,73272	3,25497	5,22557

Tabla: N° 4

### **3.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES ANALÍTICAS**

#### **A- ENSAYOS DE FRENADA EN CONDICIONES NORMALES (Cubiertas nuevas)**

a) **Condiciones:** Se realizaron 10 ensayos de frenado con cubiertas nuevas, bajo las siguientes condiciones:

Condición	Valor Final
Velocidad	11,11m/s
Cubiertas	Nuevas
Presión de Inflado	30 Psi.
Peso (1 ocupante)	1135 Kgr.
Prom. T° Neumaticos	26,23°c

Prom. T° Frenos	29,08°C
Prom. T° Superficie	22,30°C

Tabla N° 5

**b) Tabla de resultado de distancia de frenado (DATOS SIN ORDENAR)**

**Distancias de frenado con cubiertas nuevas**

Ensayos Nro.	Distancia Derecha	Distancia Izquierda	Total Distancia De Frenado
1	12,30	11,70	12,00
2	10,25	10,60	10,43
3	11,52	11,68	11,60
4	8,95	10,35	9,65
5	10,62	10,40	10,51
6	8,51	8,26	8,39
7	11,00	11,53	11,27
8	10,40	8,80	9,60
9	9,25	8,63	8,94
10	12,96	12,68	12,82
Promedio	10,58	10,46	10,52

Tabla N° 6

**c) Tabla de resultado de distancia de frenado (DATOS ORDENADOS)**

### Distancias de frenado con cubiertas nuevas

Ensayos Nro.	Total Distancia De Frenado
1	8,39
2	8,94
3	9,60
4	9,65
5	10,43
6	10,51
7	11,27
8	11,60
9	12,00
10	12,82
<b>Promedio</b>	<b>10,52</b>

Tabla N° 7

#### d) Estadísticos Descriptivos

- Medidas de Tendencia central:

#### Medidas de Tendencia central con cubiertas nuevas

Estadísticos descriptivos	Distancia de Frenado Cubiertas Nuevas
Media	10,52
Mediana	10,47
Moda	8,39

Tabla N° 8

- Medidas de Dispersión:

### Medidas de Dispersión con cubiertas nuevas

Estadísticos Descriptivos	Distancia de Frenado Cubiertas Nuevas
Desviación Estándar	1,41
Varianza	1,98

Tabla N° 9

#### e) Parámetros Estadísticos:

Los ensayos de frenada con cubiertas nuevas con un solo ocupante, arrojaron distancias de frenadas con un valor mínimo de 8,39 m. y máximo de 12,82m., con una media (promedio) de 10,52m., obteniéndose dichos resultados de ensayos realizados a 40 km/h (+ - 0.5 km/h), con control sobre los factores peso, presión de inflado de los neumáticos (30 psi), temperaturas de cubiertas, frenos y superficie. Los resultados obtenidos se grafican a continuación.

#### Distancia de frenado con cubiertas nuevas

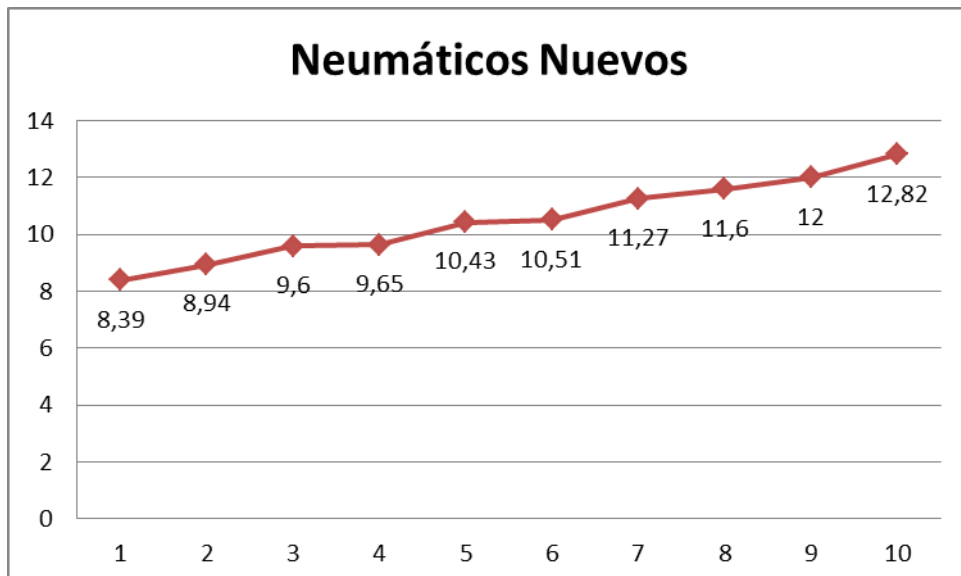


Gráfico N° 1

**e) Cálculo del coeficiente de fricción:**

En base a una velocidad de 40 km/h. y a partir de la fórmula fundamental para calcular velocidad se determinó el coeficiente de fricción para cada ensayo. La fórmula fundamental es:

$$V = \sqrt{2.u.g.d}$$

Despejando se logra obtener:

$$u = \frac{V^2}{2.g.d}$$

**Coefficiente de Fricción con cubiertas nuevas**

Ensayo Nro.	Distancia de Frenado	Coefficiente de Fricción
1	8,39	0,75
2	8,94	0,70
3	9,60	0,66
4	9,65	0,65
5	10,43	0,60
6	10,51	0,60
7	11,27	0,56
8	11,60	0,54
9	12,00	0,52
10	12,82	0,49
<b>Promedio</b>	<b>10,52</b>	<b>0,61</b>

Tabla N° 10

## B- ENSAYOS DE FRENADA CUBIERTAS USADAS

a) **Condiciones:** Se realizaron 10 ensayos de frenado con cubiertas usadas, bajo las siguientes condiciones:

Condición	Valor Final
Velocidad	11,11m/s
Cubiertas	Usadas
Presión de Inflado	30 Psi.
Peso (1 ocupante)	1135 Kgr.
Prom. T° Neumaticos	30,43°C
Prom. T° Frenos	30,33°C
Prom. T° Superficie	26,36°C

Tabla N° 11

f) **Tabla de resultado de distancia de frenado (DATOS SIN ORDENAR)**

### Distancias de frenado con cubiertas usadas

Ensayos Nro.	Distancia Derecha	Distancia Izquierda	Total Distancia De Frenado
1	10,79	10,35	10,57
2	10,67	10,31	10,49
3	8,61	7,90	8,26
4	9,14	9,34	9,24
5	9,10	8,81	8,96
6	7,48	7,62	7,55
7	7,83	8,24	8,04
8	9,40	8,90	9,15

9	10,15	9,97	10,06
10	9,22	8,74	8,98
<b>Promedio</b>	<b>9,24</b>	<b>9,02</b>	<b>9,13</b>

Tabla N° 12

g) resultado de distancia de frenado (DATOS ORDENADOS)**Distancias de frenado con cubiertas usadas**

<b>Ensayos Nro.</b>	<b>Total Distancia De Frenado</b>
1	7,55
2	8,04
3	8,26
4	8,96
5	8,98
6	9,15
7	9,24
8	10,06
9	10,49
10	10,57
<b>Promedio</b>	<b>9,13</b>

Tabla N° 13



## h) Estadísticos Descriptivos

- Medidas de Tendencia central:

### Medidas de Tendencia central con cubiertas usadas

Estadísticos descriptivos	Distancia de Frenado Cubiertas Usadas
Media	9,13
Mediana	9,07
Moda	7,55

Tabla N° 14

- Medidas de Dispersión:

### Medidas de Dispersión con cubiertas usadas

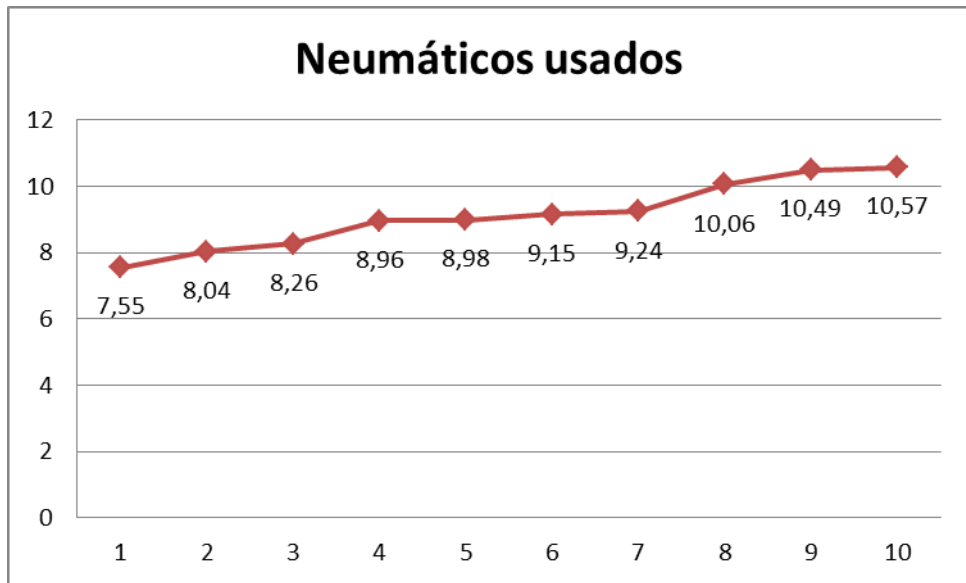
Estadísticos descriptivos	Distancia de Frenado Cubiertas Usadas
Desviación Estándar	1,02
Varianza	1,03

Tabla N° 15

## e) Parámetros Estadísticos:

Los ensayos de frenada con cubiertas usadas con un solo ocupante, arrojaron distancias de frenadas con un valor mínimo de 7,55 m. y máximo de 10,57 m., con una media (promedio) de 9,13 m., obteniéndose dichos resultados de ensayos realizados a 40 km/h (+ - 0.5 km/h), con control sobre los factores peso, presión de inflado de los neumáticos (30 psi), temperaturas de cubiertas, frenos y superficie. Los resultados obtenidos se grafican a continuación:

### Distancia de frenado con cubiertas usadas



**Gráfico N° 2**

#### i) Cálculo del coeficiente de fricción:

En base a una velocidad de 40 km/h. y a partir de la fórmula fundamental para calcular velocidad se determinó el coeficiente de fricción para cada ensayo. La fórmula fundamental es:

$$V = \sqrt{2 \cdot u \cdot g \cdot d}$$

Despejando se logra obtener:

$$u = \frac{V^2}{2 \cdot g \cdot d}$$

### Coeficiente de Fricción con cubiertas usadas

Ensayo Nro.	Distancia de Frenado	Coeficiente de Fricción
1	7,55	0,83
2	8,04	0,78
3	8,26	0,76
4	8,96	0,70
5	8,98	0,70
6	9,15	0,69
7	9,24	0,68
8	10,06	0,63
9	10,49	0,60
10	10,57	0,60
<b>Promedio</b>	<b>10,52</b>	<b>0,70</b>

Tabla N° 16

### 3.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO INFERENCIAL DE LAS VARIABLES ANALÍTICAS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS.

Para llevar a cabo el análisis y comparación de los datos, se realizaron estudios de Estadística Inferencial, para poder aplicar Pruebas Paramétricas tendientes a establecer la relación entre las variables distancia de frenado y el estado de uso de los neumáticos.

En razón de ello y para una adecuada selección del estadístico de prueba de hipótesis se tuvieron en cuenta:

- El tipo de estudio. (Experimental, Prospectivo, longitudinal y Analítico)
- El nivel de investigación. (Relacional)
- El diseño de la investigación. (Experimental)

- Los objetivos estadísticos. (Comparar)
- Las escalas de medición de las variables. (Numéricas en escala de Razón) y
- El comportamiento de los datos. (Distribución Normal y Homogeneidad de Varianzas).

Teniendo en cuenta que la aplicación de pruebas paramétricas para validar hipótesis estadísticas exige ciertas características en cuanto al comportamiento de los datos es que se llevaron a cabo los estudios respectivos a fin de verificar si las condiciones permiten la aplicación de las mismas.

## A.- CÁLCULO DE LA NORMALIDAD DE LOS DATOS

Para determinar que los datos tienen una distribución normal se analizaron las medidas de dispersión y de forma, mediante un análisis de un gráfico de los Cuantiles (QQ) de probabilidad normal y un histograma con la curva de normalidad y se aplicó el estadístico de prueba “Test de Shapiro-Wilk” utilizado para verificar normalidad con menos de cincuenta unidades de estudio que arrojó el siguiente resultado:

### a) Test de Shapiro-Wilk para ensayos de frenada con **CUBIERTAS NUEVAS**

#### **Prueba estadística.**

**Planteamiento:** Se ha realizado la medición de la distancia de frenado de 10 ensayos de frenadas realizados con cubiertas nuevas y se desea conocer cómo es su distribución. Pregunta: ¿La distribución de los datos es distinta a la distribución normal?

**Intervalos de confianza para la media al 95%:**

Distancia de frenado	Cubiertas Nuevas
Media	10,52
Error Estándar	0,44
IC 95% límite inferior	9,66
IC 95% límite superior	11,38

Tabla N° 17

**Planteamiento de la Hipótesis Estadística:**

$H_0$ : La distribución de los datos no es distinta a la distribución normal.

$H_1$ : La distribución de los datos es distinta a la distribución normal.

**Nivel de significancia:**

Nivel de Significancia (alfa)  $\alpha = 5\% - 0.05$

**Prueba estadística:**

Test de normalidad de Shapiro-Wilk.

**Resultado:**

Magnitud del Error =	P-Valor = 0,955 o 95,5%
Lectura del P-valor =	Con una probabilidad de error del 95,5% la distribución de los datos es distinta a la distribución normal

**Decisión:** Se rechaza la Hipótesis alterna ( $H_1$ ) y se acepta la hipótesis nula,

por lo tanto “*La distribución de los datos no es distinta a la distribución normal*”.

**Interpretación:** La distribución de los datos para ensayos de frenada con cubiertas nuevas, es igual a la distribución normal.

**b) Test de Shapiro-Wilk para ensayos de frenada con CUBIERTAS USADAS**

**Prueba estadística.**

*Planteamiento:* Se ha realizado la medición de la distancia de frenado de 10 ensayos de frenadas realizados con cubiertas usadas y se desea conocer cómo es su distribución. Pregunta: ¿La distribución de los datos es distinta a la distribución normal?

***Intervalos de confianza para la media al 95%:***

Distancia de frenado	Cubiertas Usadas
Media	9,13
Error Estándar	0,32
IC 95% límite inferior	8,50
IC 95% límite superior	9,75

Tabla N° 18

***Planteamiento de la Hipótesis Estadística:***

H<sub>0</sub>: La distribución de los datos no es distinta a la distribución normal.

H<sub>1</sub>: La distribución de los datos es distinta a la distribución normal.

**Nivel de significancia:**

Nivel de Significancia (alfa) $\alpha = 5\% - 0.05$
---

**Prueba estadística:**

Test de normalidad de Shapiro-Wilk.
-------------------------------------

**Resultado:**

Magnitud del Error =	P-Valor = 0,626 o 62,6%
Lectura del P-valor =	Con una probabilidad de error del 62,6% la distribución de los datos es distinta a la distribución normal

<b>Decisión:</b> Se rechaza la Hipótesis alterna ( $H_1$ ) y se acepta la hipótesis nula, por lo tanto " <i>La distribución de los datos no es distinta a la distribución normal</i> ".
---

<b>Interpretación:</b> La distribución de los datos para ensayos de frenada con cubiertas usadas, es igual a la distribución normal.
--

c) Gráfico de los Cuantiles de probabilidad normal y curva de normalidad

- Ensayos de frenada con cubiertas nuevas

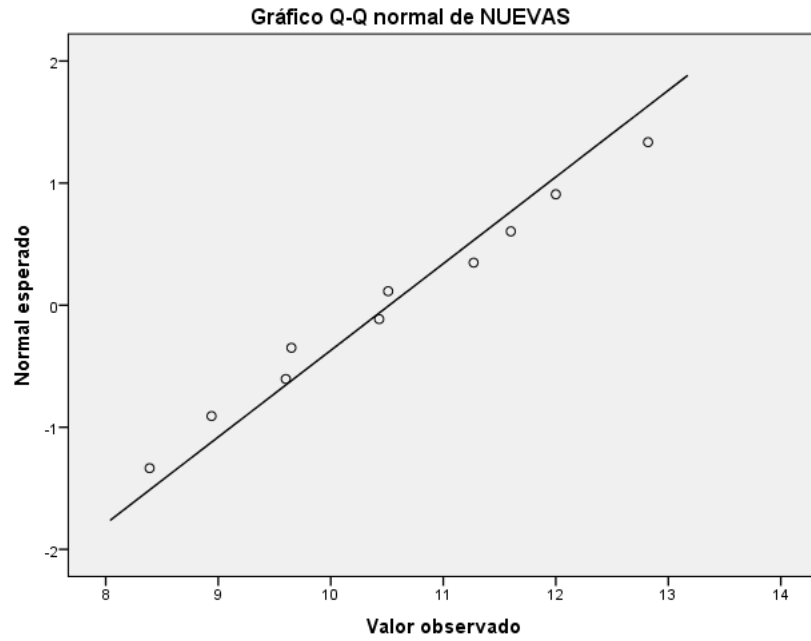


Gráfico N° 3

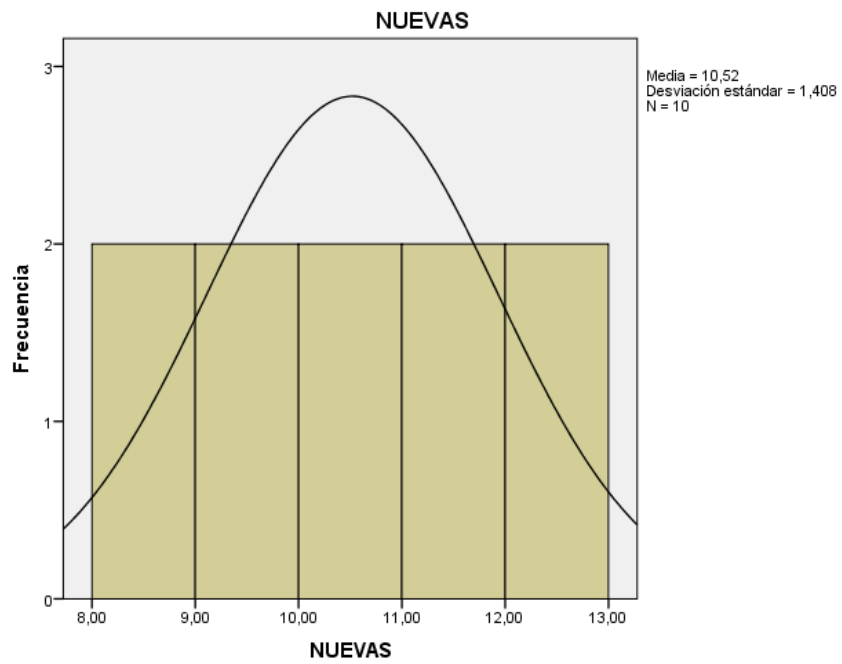


Gráfico N° 4



El índice de **asimetría** es de **0,09** y el de **curtosis** de **-0,87**

- **Ensayos de frenada con cubiertas usadas**

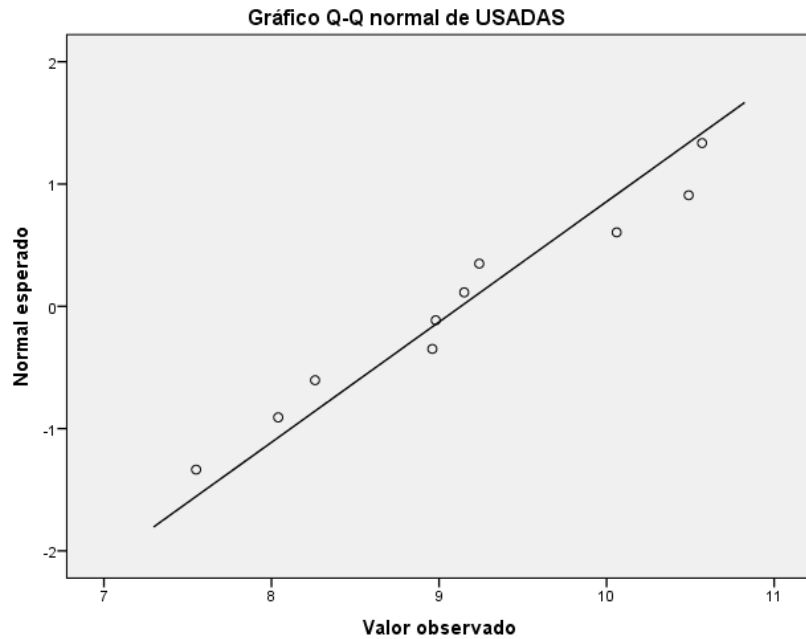
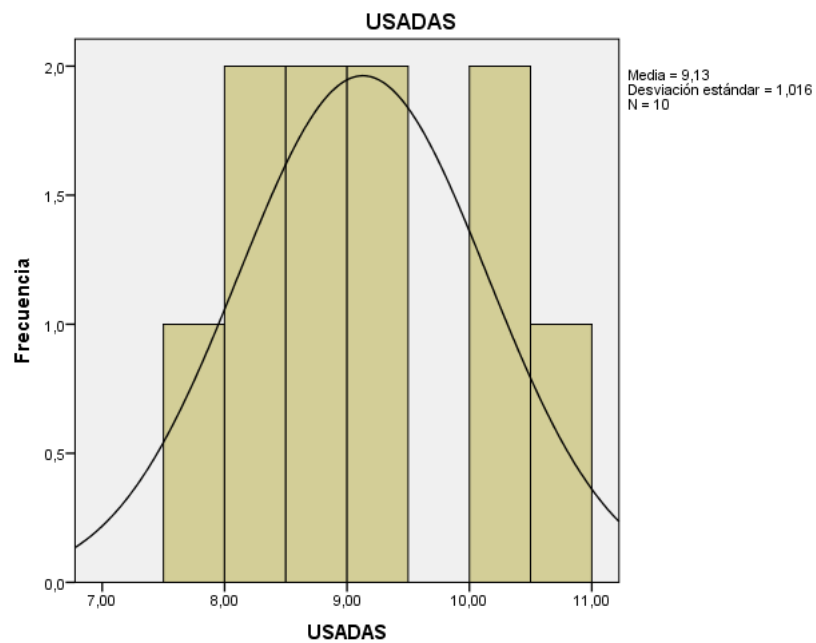


Gráfico N° 5



### Gráfico N° 6

El índice de **asimetría** es de **0,05** y el de **curtosis** de **-0,92**

## B.- ANALISIS DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS

Las pruebas paramétricas exigen homogeneidad de varianzas para poder ejecutarse, por lo que se realizaron las pruebas de homocedasticidad para los ensayos de frenada con cubiertas nuevas y usadas. Para ello se aplicó la “Prueba de Levene para Homogeneidad de Varianzas”.

### Prueba estadística.

**Planteamiento:** Se ha evaluado la distancia de frenado con cubiertas nuevas y cubiertas usadas 20 ensayos de frenada y se desea comparar sus varianzas para aplicar procedimientos paramétricos. Pregunta: ¿Las varianzas de los grupos a comparar son diferentes?

#### **Intervalos de confianza para la media al 95%:**

Distancia de frenado	Cubiertas Nuevas	Cubiertas Usadas
Media	10,52	9,13
Error Estándar	0,44	0,32
Desviación Estándar	1,41	1,02
Varianza	1,98	1,03

Tabla N° 19

### **Planteamiento de la Hipótesis Estadística:**

H<sub>0</sub>: La varianza de los grupos a comparar no son diferentes.

H<sub>1</sub>: La varianza de los grupos a comparar son diferentes.

**Nivel de significancia:**

Nivel de Significancia (alfa) $\alpha = 5\% - 0.05$
---

**Prueba estadística:**

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas.
--

**Resultado:**

Magnitud del Error =	P-Valor =0,145 = 14.5%
Lectura del P-valor =	Con una probabilidad de error de 14,5% la varianza de los grupos a comparar son diferentes

<b>Decisión:</b> Se rechaza la hipótesis Alternativa ( $H_1$ ) y se acepta la hipótesis nula: “La varianza de los grupos a comparar no son diferentes”.
--

<b>Interpretación:</b> Los grupos comparados poseen varianzas iguales, es decir, son homogéneas.
--

### C.- RELACIÓN ENTRE EL ESTADO DE USO DE LOS NEUMATICOS Y LA DISTANCIA DE FRENADO.

#### a) Relación entre variables

Para establecer si existe relación entre el estado de uso de los neumáticos y la distancia de frenado, se llevaron a cabo pruebas paramétricas a fin de comparar los resultados obtenidos en los grupos de frenadas con neumáticos nuevos y con neumáticos usados.

Para ello se aplicó la prueba estadística “t-de Student para grupos independientes” con la finalidad de establecer si existe relación entre las variables analizadas. Los resultados de la prueba fueron los siguientes:

### **Prueba estadística.**

**Planteamiento:** Se han realizado 20 ensayos de frenada en distintas condiciones para comparar la distancia de frenado con cubiertas nuevas y usadas. Pregunta: ¿La distancia de frenado con cubiertas nuevas es distinta a la distancia de frenado con cubiertas usadas?

#### ***Intervalos de confianza para la media al 95%***

<b>Distancia de frenado</b>	<b>Cubiertas Nuevas</b>	<b>Cubiertas Usadas</b>
Media	10,52	9,13
Error Estándar	0,44	0,32
IC 95% límite inferior	9,66	8,50
IC 95% límite superior	11,38	9,75

Tabla N° 20

#### ***Planteamiento de la Hipótesis Estadística:***

$H_0$ : La distancia de frenado con cubiertas nuevas no es distinta a la distancia de frenado con cubiertas usadas.

$H_1$ : La distancia de frenado con cubiertas nuevas es distinta a la distancia de frenado con cubiertas usadas.

#### ***Nivel de significancia:***

Nivel de Significancia (alfa)  $\alpha = 5\% - 0.05$

**Prueba estadística:**

t-de Student para grupos independientes
---

**Resultado:**

Magnitud del Error =	P-Valor = 0,001027 = 0,1%
Lectura del P-valor =	Con una probabilidad de error del 0,1% la distancia de frenado con cubiertas nuevas es distinta a la distancia de frenado con cubiertas usadas.

**Decisión:** Se rechaza la Hipótesis nula (H0) y acepta la hipótesis Alterna o Hipótesis del Investigador: “*La distancia de frenado con cubiertas nuevas es distinta a la distancia de frenado con cubiertas usadas*”.

**Interpretación:** La distancia de frenado con cubiertas nuevas es distinta a la distancia de frenado con cubiertas usadas.

**b) Correlación entre variables y fuerza de correlación**

Establecida la relación entre la variable de supervisión distancia de frenado y la variable asociada estado de uso de los neumáticos, mediante una prueba de hipótesis mencionada en el punto anterior, se procedió a ejecutar otra prueba estadística a fin de conocer si existe correlación entre las mismas, es decir si el peso del vehículo influye en la distancia de frenado.

**Prueba estadística.**

**Planteamiento:** Se ha evaluado la distancia de frenado en 20 ensayos realizados con neumáticos nuevos y neumáticos usados y se desea correlacionarlas a fin de saber si están relacionadas. Pregunta: ¿La distancia de frenado no es independiente del estado de uso de los neumáticos?

**Intervalos de confianza para la media al 95%**

Distancia de frenado	Cubiertas Nuevas	Cubiertas Usadas
Media	10,52	9,13
Error Estándar	0,44	0,32
IC 95% límite inferior	9,66	8,50
IC 95% límite superior	11,38	9,75

Tabla N° 21

**Planteamiento de la Hipótesis Estadística:**

$H_0$ : La distancia de frenado es independiente del estado de uso de los neumáticos.

$H_1$ : La distancia de frenado no es independiente del estado de uso de los neumáticos.

**Nivel de significancia:**

Nivel de Significancia (alfa)  $\alpha = 5\% - 0.05$

**Prueba estadística:**

Correlación de Pearson

**Resultado:**

Magnitud del Error =	P-Valor = 0,000005 = 0,0%
Lectura del P-valor =	Con una probabilidad de error del 0,0% la distancia de frenado no es independiente del estado de uso de los neumáticos

**Decisión:** Se rechaza la Hipótesis Nula ( $H_0$ ) y se acepta la Hipótesis de trabajo “La distancia de frenado no es independiente del estado de uso de los neumáticos”.

**Interpretación:** La distancia de frenado no es independiente del estado de uso de los neumáticos. Existe una muy buena correlación entre el estado de uso de los neumáticos y la distancia de frenado (Índice de Correlación = R, de Pearson = 0,967)

#### 4.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS

##### A.- Análisis comparativo de los datos

Gráfico de línea comparando los ensayos de frenada

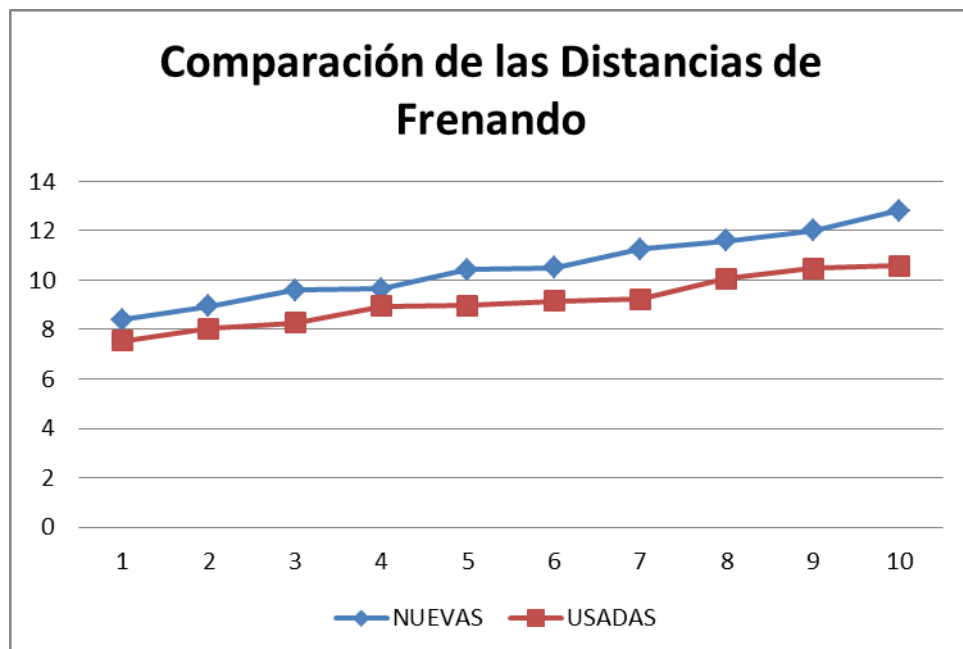


Gráfico N° 7

El presente gráfico de líneas representa la comparación de las distancias de frenado, demostrando de esta forma que las distancias de

neumáticos nuevos es superior, en su totalidad, a las distancia de frenado de neumáticos usados. Es decir que dicha distancias de frenado van a disminuir con respecto a la distribución normal. Por ende el coeficiente de fricción varia, según el estado de uso de los nuemáticos.

**Gráfico de barras comparando los promedios de las distancias de frenado.**

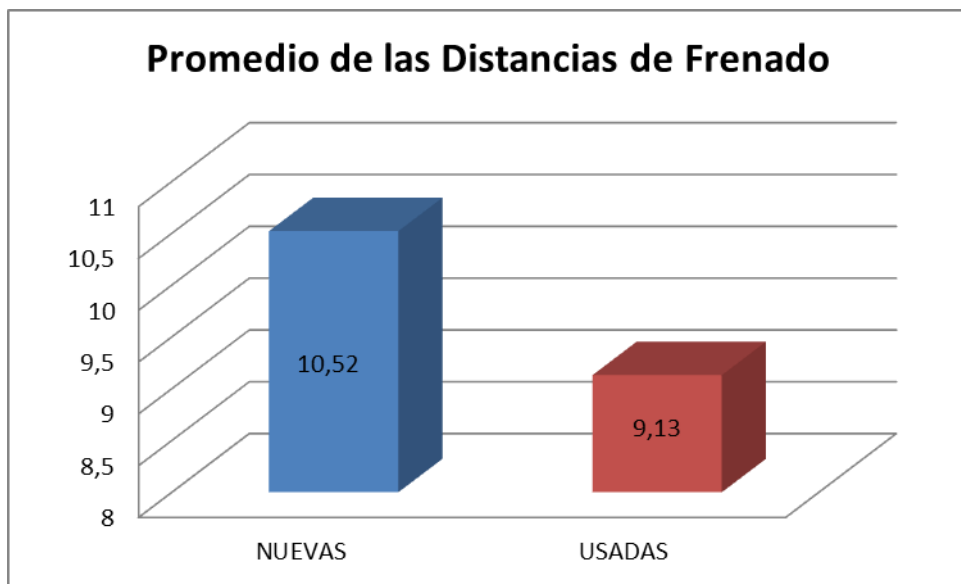


Gráfico N° 8

El presente gráfico de barras representa el promedio de las distancia de frenado, demostrando un 13,22% de diferencia a favor de las distancias de frenado con neumáticos nuevos con respecto a los promedios de las distancias de frenado con neumáticos usados.



**Gráfico de barras comparando los promedios de los coeficientes de fricción.**

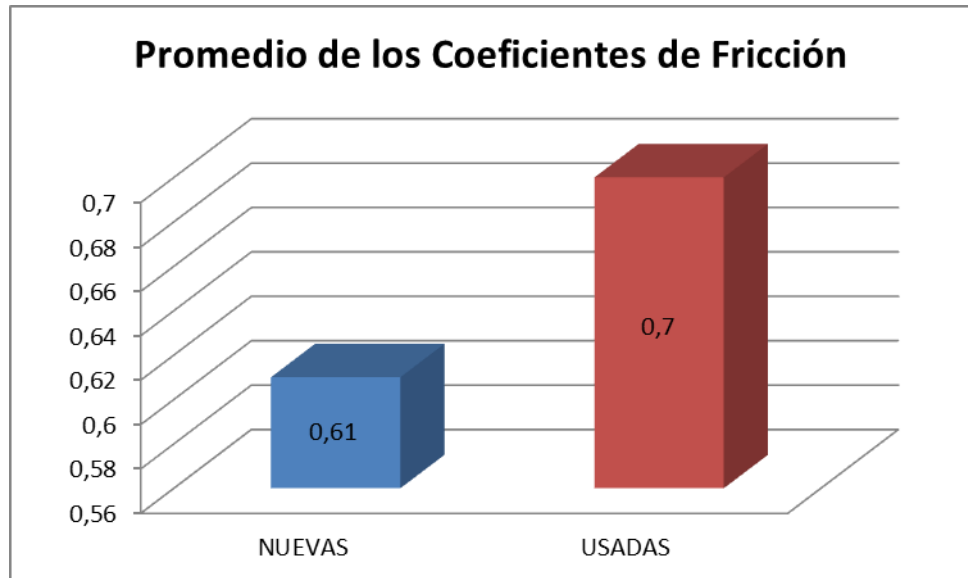


Gráfico N° 9

El presente gráfico de barras representa el promedio de los coeficientes de fricción, demostrando mayor valor en el caso de los neumáticos usados, ya que las distancias de frenados son mas corta. Con una diferencia del 14,75% el coeficiente de fricción de los neumáticos usados es mayor a la distribución normal.

Los datos que se han dado a conocer mediante las pruebas estadísticas, arrojan resultados, en toda su totalidad, favorables, con un nivel de confianza del 95%, declarando que existe una muy buena correlación entre el estado de uso de los neumáticos y la distancia de frenado, poniendo en evidencia que hay factores que no se consierar al momento de el cálculo de velocidad, por lo cual es necesario considerar dicho factor para acercarnos a la velocidad real a la cual circula un vehículo antes de que se involucre en un siniestro vial.

## **B.- Interpretación en relación a los antecedentes investigativos**

Con respecto a los antecedentes, una investigación realizada por Goudie, D.W., Bowler, J.J., Brown, C.A. & Heinrichs, B.E. (2000) utilizaron tres tipos de neumáticos diferentes: económico, turismo y performance. En los resultados se pudo observar diferencias de los coeficientes obtenidos con cada tipo de neumático.

Se ha probado en consecuencia que el tipo de neumático también tiene influencia al momento de realizar una frenada.

Luego, otra investigación realizada por Wallingford, J.G., Greenlees, W. & Christoffersen, S. (1990) utilizando tres tipos de neumáticos diferentes: radial performance (Performance radial), radial de producción normal (Standard radial) y diagonal (Bias ply), en buenas condiciones (sin los hilos visibles), realizando ensayos con dos velocidades distintas y se observó los diferentes coeficientes de rozamiento obtenidos con los diferentes tipos de neumáticos. Y en las distintas velocidades un mismo neumático presentaba diferencia con respecto al coeficiente de fricción.

Otro estudio realizado por Lucia Martínez (2010) de nivel Descriptivo, donde se utilizaron neumáticos nuevo y neumáticos lisos concluyendo que comparando las distancias de detención generadas por ambos tipos de neumáticos presentaron una variación promedio de 7 % a favor de los neumáticos lisos. Respecto de los coeficientes de rozamiento, también se obtuvo una variación promedio de 7 % y una variación máxima de 15 % a favor de los neumáticos lisos.

Si bien no se pueden comparar las investigaciones entre sí y con el estudio que se ha realizado, dado que no se utilizó mismo vehículo, la misma superficie, la misma velocidad de circulación y en las mismas condiciones, podemos decir, que distintos factores como el tipo de neumático, y la velocidad a la cual circulaban, son influyentes a la hora de realizar una frenada, esto nos dice que las distancias de frenado, con los distintos factores y a las distintas veloci-

dades, varían entre sí, por ende se modifica el coeficiente de fricción, dadas las condiciones en las cuales se realicen las distintas pruebas.



## CAPÍTULO VI

## CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos y las experiencias realizadas, se arriban a las siguientes conclusiones:

- En el experimento realizado se demostró que la variable “*Distancia de frenado*” no es independiente del “*Estado de uso de los neumáticos*”.
- Se ha determinado que existe una muy buena relación entre el estado de uso de los neumáticos y la distancia de frenado con un Índice de Correlación = R, de Pearson = 0,967.
- Se deberán hacer investigación en los posibles en las mismas condiciones, y distintas velocidades con el fin de determinar las variaciones y la influencia que habría en el coeficiente de fricción. De la misma manera, podrían efectuarse las mismas pruebas con otros tipos de neumáticos.
- Con los resultados obtenidos, demostramos que el estado de uso de los neumáticos afecta el coeficiente de fricción, por lo que se demuestra que existen diferencias entre lo investigado y la bibliografía más difundida lo cual estaría produciendo errores en el cálculo de la velocidad. Por lo cual se hace necesario continuar con la línea de investigación con el fin de obtener qué otros factores afecta la distancia de frenado, para que el error en el cálculo de la velocidad cada vez sea menor y de esta forma llegar a la velocidad real a la cual circulaba un vehículo antes de producirse el siniestro vial.

De acuerdo a lo expuesto, se ha demostrado la hipótesis planteada, por cuanto:

*“El estado de uso de los neumáticos afecta la distancia de frenado cuando un automóvil circula a una velocidad de 40Km/h.”*



## CAPÍTULO VII

## **BIBLIOGRAFIA**

- Academia de tráfico de la Guardia Civil. (1991). *Investigación de accidentes de tráfico*. Madrid: Dirección General de Tráfico.
- Castro G. (2008). *Materiales y compuestos para la industria del neumático*. Extraído el 13 de abril del 2016 de: [http://materias.fi.uba.ar/6715/Material\\_archivos/Material%20complementario%2067.7/Materiales%20y%20Compuestos%20para%20la%20Industria%20del%20Neumatico.pdf](http://materias.fi.uba.ar/6715/Material_archivos/Material%20complementario%2067.7/Materiales%20y%20Compuestos%20para%20la%20Industria%20del%20Neumatico.pdf).
- Goudie, D.W., Bowler, J.J., Brown, C.A. & Heinrichs, B.E. (2000). *Tire Friction During Locked Wheel Braking*. Extraído el 13 de abril, 2016, de <http://mfes.com/friction.html>
- Guzmán, C. (2000) *Manual de criminalística*, edición buenos aires, la Rocca.-
- Irureta, V (1999). *Accidentología Vial y Pericia*. Buenos Aires: Ediciones La Rocca.
- Juan, H. (2004). *Introducción a la ciencia criminalística*, autor Héctor Juan. Ediciones Jurídicas Cuyo.
- López, J. J., González, J. M. y Pulla, A. I. (2001). *Manual Básico de Investigación y Reconstrucción*. Zaragoza: Copy Center.
- Martines, L. (2010). *Influencia del desgaste del neumático en el calculo de velocidad* (Tesis inédita de grado). Universidad del Aconcagua, Mendoza, Argentina.
- Resnick, Halliday y Krane (1997) citado en Pisano, J. M. (2007): *Producción de huellas de frenado de un automóvil con sistema de frenos ABS, sobre hormigón*.
- Wallingford, J.G., Greenlees, W. & Christoffersen, S. (1990). *Tire-roadway friction coefficients on concrete and asphalt surfaces applicable for accident reconstruction*. Extraído el 13 de abril del 2016, de <http://mfes.com/friction.html>



ANEXOS



**Automóvil Chevrolet Corsa, Modelo 2007, tipo sedán 4 puertas**



**Instrumentos utilizados**



**Huella de frenado con neumático nuevo**



**Huella de frenado**



**Medición de la huella de frenado**

