

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

Tesis de grado para la obtención del Título de Ingeniería Mecánica Automotriz

Estudio de la eficiencia de frenado para valorar pastillas de freno de producción nacional mediante norma ECE 13H

Luis Bolívar Tamayo Nieto

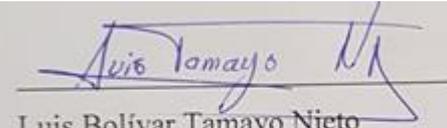
Director: Ing. Gorky G. Reyes C. MSc.

Quito, Marzo 2016

CERTIFICACIÓN

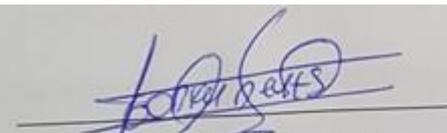
Yo TAMAYO NIETO LUIS BOLIVAR, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la siguiente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la ley de la Propiedad Intelectual, reglamentos y leyes.



Luis Bolívar Tamayo Nieto
CI. 1718160334

Yo, Gorky Guillermo Reyes Campaña, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, el señor Luis Bolívar Tamayo Nieto es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal.



Ing. Gorky Guillermo Reyes Campaña MSc.

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a Dios y a la Virgen Dolorosa quienes supieron guiarme por el buen camino y cuidarme hasta llegar a esta etapa de mi vida, por darme fuerzas para no desmayar ante los problemas que tuve a lo largo de mi vida.

A mi madre, Patricia, regalo maravilloso que Dios me ha dado, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por su esfuerzo, sacrificio y por ser eje fundamental de mi vida dándome su amor como madre y padre, esta título de Ingeniero es también tuyo mi madre.

A mi hermana Paola para que nunca se rinda y siga adelante con sus sueños que el tiempo hay de sobra y a mi ñaña Abi para que acabe el colegio con éxito y llegue a ser la doctora que quiere ser.

A mis abuelos Luis y Lilian que me apoyaron y cuidaron desde pequeño, a mis hermanos César y Jhoan y mi tía Seyra que han estado en cada momento que los he necesitado y a mi familia entera porque me han brindado su apoyo incondicional, su tiempo y su paciencia.

Luis Tamayo

AGRADECIMIENTO

Agradezco el apoyo, información, conocimiento, consejos que recibí de compañeros, docentes, amigos y familiares, y de todos y cada uno de quienes con sus palabras y acciones influyeron y motivaron positivamente en mi formación como profesional. De manera muy especial al Ing. GORKY REYES quien ha sido un gran apoyo para el desarrollo y culminación de este proyecto siendo más un amigo que un profesor, así mismo a mis amigos Alexis y André que me ayudaron con el desarrollo de este proyecto. Agradezco a una persona que fue eje fundamental en mi vida y un apoyo en momentos difíciles, que con su compañía saco lo mejor de mí y me ayudo a ser quien soy hoy en día, gracias mi vida María Augusta Córdova por estar a mi lado eres mi mayor fuente de inspiración para tener éxito en mi vida, siempre de tu mano.

A la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR, a sus directivos, dirigentes, personal docente y administrativo, compañeros y amigos de aula, con quienes he compartido una parte muy importante de mi vida.

Luis Tamayo

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
CAPÍTULO I	22
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	22
1.1. ANTECEDENTES	22
1.2. SEGURIDAD DEL VEHÍCULO.....	24
1.2.1. SEGURIDAD PASIVA	26
1.2.2. SEGURIDAD ACTIVA.....	26
1.3. NEUMÁTICOS	27
1.3.1. NORMAS.....	28
1.3.2. APLICACIÓN.....	28
1.3.3. DESLIZAMIENTO DE LOS NEUMÁTICOS	29
1.3.4. LABRADO DE LOS NEUMÁTICOS	30
1.4. FUERZAS Y MOMENTOS EN EL VEHÍCULO	32
1.4.1. FUERZAS DE LOS NEUMÁTICOS	34
1.4.2. FUERZA DE FRICCIÓN	36
1.4.3. ÁNGULO DE DERIVA.....	38

1.5.	DINÁMICA LONGITUDINAL DEL VEHÍCULO	39
1.5.1.	RESISTENCIA TOTAL DE LA MARCHA	40
1.5.2.	RESISTENCIA A LA RODADURA	40
1.5.3.	RESISTENCIA DE PENDIENTE O ASCENSIÓN.....	41
1.5.4.	RESISTENCIA A LA AERODINÁMICA.....	41
1.5.5.	ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN.....	42
1.6.	DINÁMICA TRANSVERSAL DEL VEHÍCULO.....	42
1.6.1.	SUB VIRAJE Y SOBRE VIRAJE.....	43
1.6.2.	FUERZA CENTRÍFUGA EN LAS CURVAS	44
1.7.	CONFIGURACION DEL SISTEMA DE FRENOS	45
1.7.1.	FRENO DE TAMBOR	46
1.7.2.	FRENO DE DISCO	50
1.8.	PASTILLAS DE FRENO.....	56
1.8.1.	CARACTERÍSTICAS	57
1.8.2.	COMPONENTES	58
1.8.3.	FABRICACIÓN.....	60
1.8.4.	Composición.....	62
CAPÍTULO II.....		65
2.	ESTUDIO DE MERCADO	65
2.1.	NORMATIVAS DE SEGURIDAD	65
2.1.1.	EURO NCAP	65

2.1.2.	ISOFIX.....	66
2.1.3.	NORMATIVA EURO.....	67
2.2.	SELECCIÓN DEL VEHICULO.....	67
2.3.	SELECCIÓN PASTILLAS DE FRENO.....	73
2.3.1.	PASTILLA ALTERNA NACIONAL.....	73
2.3.2.	PASTILLA ALTERNA EXTRANJERA.....	75
CAPÍTULO III.....		76
3.	NORMAS Y PARÁMETROS EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ.....	76
3.1.	NORMA ECE 13-H PRESCRIPCIONES UNIFORMES RELATIVAS A LA HOMOLOGACIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE PASAJEROS CON RESPECTO AL FRENADO.....	77
3.2.	NORMA 49 CFR (CODE OF FEDERAL REGULATIONS) PART 571 ESTÁNDAR N° 135 SISTEMA DE FRENOS EN VEHÍCULOS LIGEROS.....	81
3.3.	CONDICIONES PARA PRUEBAS DE FRENADO SEGÚN LAS NORMAS INTERNACIONALES.....	82
3.4.	PROCEDIMIENTO PARA LAS PRUEBAS DE FRENADO.....	85
3.4.1.	PROCEDIMIENTO DE LA NORMA 49 CFR ESTANDAR N° 135 ..	85
3.4.2.	PROCEDIMIENTO SEGÚN REGULACIÓN ECE 13-H.....	86
3.4.3.	CONDICIONES DEL VEHÍCULO DE PRUEBAS.....	86
3.4.4.	CONDICIONES AMBIENTALES.....	88
3.4.5.	CONDICIONES DE LA SUPERFICIE DE PRUEBAS.....	88

3.4.6.	CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD DEL VEHÍCULO	89
CAPÍTULO IV.....		92
4.	REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DE FRENADO	92
4.1.	PREPARACIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE PRUEBA.....	92
4.1.1.	ESTADO DE LOS NEUMÁTICOS	92
4.1.2.	PESO DEL VEHÍCULO.....	93
4.2.	SELECCIÓN DE LA SUPERFICIE DE PRUEBAS.....	94
4.2.1.	VÍA CON SUPERFICIE ASFALTADA	95
4.3.	EQUIPOS A UTILIZAR.....	97
4.4.	PROCESO DE FRENADO.....	98
4.4.1.	FUERZAS	98
4.4.2.	TIEMPOS.....	99
4.5.	PRUEBAS REALIZADAS A 50 KM/H Y 70 KM/H	102
4.6.	COMPARATIVA DE RESULTADOS.....	111
4.6.1.	DISTANCIA DE FRENADO	111
4.6.2.	TEMPERATURAS FINALES DE LAS PASTILLAS DE FRENO ..	112
4.6.3.	ACELERACIONES MÁXIMAS.....	113
4.6.4.	TIEMPOS DE FRENADO.....	115
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		117
CONCLUSIONES		117
RECOMENDACIONES.....		119

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA..... 120

ANEXOS 121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Tipos de colisiones más frecuentes	26
Figura 1.2: Estructura de un neumático radial de turismo	27
Figura 1.3: Recorrido de frenado vs. Profundidad del perfil en calzada mojada a 100 km/h	29
Figura 1.4: Movimiento de rodadura de la rueda.....	30
Figura 1.5: Neumático Simétrico	31
Figura 1.6: Neumático Asimétrico.....	31
Figura 1.7: Neumático Direccional.....	32
Figura 1.8: Fuerzas y momentos del vehículo	33
Figura 1.9: Componentes de las fuerzas del neumático.....	35
Figura 1.10: Velocidad del neumático y fuerzas que influyen en el frenado	37
Figura 1.11: Ángulo de deriva	39
Figura 1.12: Resistencia total de la marcha	40
Figura 1.13: Vehículo con viento lateral.....	43
Figura 1.14: Sub viraje y sobre viraje del vehículo	44
Figura 1.15: Fuerza Centrífuga en las curvas	45
Figura 1.16: Freno de tambor simplex	47
Figura 1.17: Freno de tambor dúplex.....	48
Figura 1.18: Freno de tambor dúo dúplex.....	48
Figura 1.19: Servofreno	49
Figura 1.20: Freno dúo-servo.....	50
Figura 1.21: Partes del freno de disco con pinza fija.....	51
Figura 1.22: Funcionamiento de un freno de disco con mordaza fija.....	52
Figura 1.23: Freno de disco de marco flotante	53

Figura 1.24: Freno de disco con pinza flotante.....	53
Figura 1.25: Freno de mordaza oscilante.....	54
Figura 1.26: Movimiento oscilante de las mordazas.....	55
Figura 1.27: Freno de disco cubierto.....	55
Figura 1.28: Acoplamiento del freno de disco cubierto.....	56
Figura 1.29: Pastillas de freno.....	56
Figura 1.30: Soporte de la pastilla de freno.....	58
Figura 1.31: Láminas anti ruidos.....	59
Figura 1.32: Pastilla con avisador luminoso.....	60
Figura 1.33: Composición de las pastillas de freno.....	64
Figura 2.1: Pruebas de impacto realizadas por la EURO NCAP.....	66
Figura 2.2: Venta de tipos de vehículos en Pichincha.....	69
Figura 2.3: Porcentaje del tipo de vehículos en Pichincha.....	69
Figura 2.4: Venta mensual de vehículos livianos.....	70
Figura 2.5: Ventas vehículos de las marcas preseleccionadas.....	72
Figura 2.6: Pastillas Originales Renault Logan.....	73
Figura 2.7: Pastilla Alternativa Nacional AB.....	74
Figura 2.8: Pastilla Alternativa Extranjera Kashima Plus.....	75
Figura 3.1: Siniestros 2014 vs 2015.....	77
Figura 3.2: Diagrama de cuerpo libre para determinar la altura del centro de gravedad de un vehículo.....	80
Figura 3.3: Diagrama de fuerzas.....	90
Figura 3.4: Ángulo de inclinación del vehículo (15°).....	91
Figura 3.5: Centro de gravedad del vehículo.....	91
Figura 4.1: Medición profundidad labrado de neumático (mm).....	93

Figura 4.2: Presión de inflado según el fabricante (32 PSI)	93
Figura 4.3: Ubicación de la vía con superficie asfaltada	95
Figura 4.4: Vías de pruebas con superficie asfaltada.....	96
Figura 4.5: Largo de la vía de pruebas con superficie asfaltada.....	97
Figura 4.6: Equipos utilizados para la recolección de datos	98
Figura 4.7: Tiempos y desaceleración en un frenado hasta el reposo del vehículo	102
Figura 4.8: Diagrama de flujo del ensayo según la Regulación ECE 13H.....	103
Figura 4.9: Desaceleración del centro de masa del vehículo Renault Logan Familier en superficie asfaltada a 50 km/h con pastillas Nacionales.....	108
Figura 4.10: Desaceleración del centro de masa del vehículo Renault Logan Familier en superficie asfaltada a 70 km/h con pastillas Nacionales	108
Figura 4.11: Desaceleración del centro de masa del vehículo Renault Logan Familier en superficie asfaltada a 50 km/h con pastillas Extranjeras.....	109
Figura 4.12: Desaceleración del centro de masa del vehículo Renault Logan Familier en superficie asfaltada a 70 km/h con pastillas Extranjeras.....	109
Figura 4.13: Desaceleración del centro de masa del vehículo Renault Logan Familier en superficie asfaltada a 50 km/h con pastillas Originales	110
Figura 4.14: Desaceleración del centro de masa del vehículo Renault Logan Familier en superficie asfaltada a 70 km/h con pastillas Extranjeras.....	110
Figura 4.15: Promedio distancia de frenado 50 km/h.....	111
Figura 4.16: Promedio distancia de frenado 70 km/h.....	112
Figura 4.17: Promedio temperatura final de las pastillas a 50 km/h.....	112
Figura 4.18: Promedio temperatura final de las pastillas a 70 km/h.....	113
Figura 4.19: Promedio aceleraciones máximas a 50 km/h	114
Figura 4.20: Promedio aceleraciones máximas a 70 km/h	114

Figura 4.21: Promedio de tiempo de frenado a 50 km/h..... 115

Figura 4.22 : Promedio de tiempo de frenado a 70 km/h..... 116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Historia de Sistemas de Seguridad	24
Tabla 1.2: Categorías de Seguridad	25
Tabla 1.3: Valores de coeficiente de adherencia según los estados de la calzada	37
Tabla 1.4: Composición de las pastillas de freno	62
Tabla 2.1: Valoración de la EURO NCAP	65
Tabla 2.2: Normas europeas sobre emisiones para vehículos a gasolina M1 (g/km) ...	67
Tabla 2.3: Venta de vehículos por segmento	68
Tabla 2.4: Venta de vehículos livianos	70
Tabla 2.5: Participación en el mercado de las marcas preseleccionadas	71
Tabla 2.6: Modelos y precios de los modelos Renault en Ecuador	72
Tabla 2.7: Comparación de los modelos Renault Logan	73
Tabla 2.8: Especificaciones Técnicas Pastillas AB	74
Tabla 3.1: Condiciones según Regulación ECE 13H	81
Tabla 3.2: Condiciones de cada una de las Normativas.....	83
Tabla 3.3: Cumplimiento de las condiciones para la realización de las pruebas	84
Tabla 3.4: Condiciones establecidas para las pruebas de frenado	89
Tabla 4.1: Datos del neumático	92
Tabla 4.2: Pesos y capacidades de vehículos	94
Tabla 4.3: Pesos utilizados para las pruebas	94
Tabla 4.4: Distribución de la red vial del Ecuador	94
Tabla 4.5: Condiciones físicas de la vía de pruebas asfaltada	96
Tabla 4.6: Recolección de datos de las Pastillas Nacionales a 50 km/h.....	104
Tabla 4.7: Recolección de datos de las Pastillas Extranjeras a 50 km/h.....	104
Tabla 4.8: Recolección de datos de las Pastillas Originales a 50 km/h	104

Tabla 4.9: Recolección de datos de las Pastillas Nacionales a 70 km/h.....	106
Tabla 4.10: Recolección de datos de las Pastillas Extranjeras a 70 km/h.....	106
Tabla 4.11: Recolección de datos de las Pastillas Originales a 70 km/h	106

**ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE FRENADO PARA VALORAR
PASTILLAS DE FRENO DE PRODUCCIÓN NACIONAL MEDIANTE NORMA
ECE 13H**

Las pastillas de freno forman parte fundamental del sistema de frenos al ser este el componente que entra en contacto con el disco de freno, transformando así la energía cinética del vehículo en energía calorífica. Para que una pastilla de freno preste no solo seguridad, sino también confort y durabilidad se realizan pruebas o ensayos de laboratorio acogidas a normas internacionales.

En el Ecuador a raíz del alza de los impuestos a la importación de productos en especial de automóviles ha traído como consecuencia la creación de empresas manufactureras destinadas a la producción de repuestos alternos, por lo cual se a decidió analizar la conveniencia que tienen estos repuestos en comparación a los originales y a los repuestos alternos extranjeros que cumplen una serie de normas para ser comercializados en los diferentes países.

Para llegar a una comparación óptima entre las pastillas de freno mediante la Regulación ECE 13H se ha realizado un estudio de mercado de los vehículos europeos más comercializados sobretodo en el Distrito Metropolitano de Quito, ya que las normas a utilizar son Europeas.

PALABRAS CLAVE: Pastillas de freno, normas INEN, regulación ECE 13 H.

STUDY OF THE EFFICIENCY OF BRAKING BRAKE FOR ASSESSING NATIONAL PRODUCTION BY ECE 13H

The brake pads are an essential part of the brake system when this component that comes into contact with the brake disc, thereby transforming the vehicle's kinetic energy into heat energy. For a brake pad provide not only safety but also comfort and durability tests or laboratory trials qualifying for international standards are performed.

In Ecuador as a result of higher taxes on the import of products in special car it has resulted in the creation of manufacturing enterprises for the production of alternative parts, so is a decided to analyze the convenience to have these parts in Compared to the original and alternate foreign parts that meet a set of standards to be marketed in different countries.

To reach optimal comparison between the brake pads by ECE Regulation 13H has done a market study of the market especially in the Distrito Metropolitano de Quito European vehicles, since the rules to be used are European.

KEYWORDS: Brake pads, INEN standards, regulation ECE 13 H.

INTRODUCCIÓN

Debido a los altos impuestos que rigen en el Ecuador a la importación de productos se ha decidido analizar la conveniencia en la sustitución de pastillas originales a pastillas alternas nacionales como internacionales; así mismo gracias a una creciente demanda en lo que respecta al parque automotor ha dado como resultado un aumento considerable en la venta de este repuesto, por lo que es necesario un estudio de calidad del mismo. La finalidad de esta investigación está basada en valorar de una manera cuantitativa la eficiencia de frenado de las pastillas de freno que se distribuyen a nivel nacional debido a que en nuestro país no existe un ente que valide y apruebe las diferentes pastillas de freno para lo cual se usará normas con ensayos de laboratorio (Norma ECE 13H, Norma CFR105, Norma CFR 135).

Fernando Carrión; académico de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), afirmó que “El parque automotor, en el primer trimestre del año 2014, comenzó a crecer un 11%, mientras que la tasa de población de Quito no llega al 2%.”, eso demuestra el elevado grado de demanda de vehículos que se está teniendo. Otro de los factores que incrementó la compra venta de vehículos fue la normativa “Pico y Placa” establecida en el Distrito Metropolitano de Quito.

Según el Reglamento Técnico Ecuatoriano en su Norma RTE INEN 034 apéndice 4 establece que “Los vehículos automotores de cuatro o más ruedas deben disponer al menos de dos sistemas de frenos de acción independientes uno del otro (servicio y estacionamiento) y por lo menos uno de estos debe accionar sobre todas las ruedas del vehículo y debe cumplir con los requisitos establecidos, así mismo los vehículos de dos o tres ruedas o cuadrones deben contar como mínimo de dos sistemas de frenado, uno que

actuó sobre la rueda o las ruedas delanteras y otro que actúe sobre la rueda o ruedas posteriores”.

“El rendimiento de los sistemas de freno debe coincidir con las pruebas requeridas para la aprobación de las nuevas pastillas de freno en origen, y mediante pruebas de rendimiento se determina si las pastillas de freno no originales (alternas) cumplen con las normas preestablecidas; la prueba más importante es la “Prueba de sensibilidad de velocidad”, la cual es destinada a asegurar que el frenado (desaceleración) de las pastillas de freno muestren desviaciones de desaceleración menores a diferentes velocidades (65, 100 y 135 Km/h), estas variaciones en la desaceleración pueden oscilar hasta un +/- 15% de los valores obtenidos a la velocidad más baja” (Naciones Unidas, Directiva Europea). La finalidad de esta investigación está basada en determinar de una manera cualitativa la eficiencia que poseen las pastillas de freno nacionales. Por lo cual nace la necesidad de preguntar:

¿Las pastillas de producción nacional cumplen con las Normas nacionales e internacionales para su venta?

¿La eficiencia de frenado de las pastillas nacionales es menor, igual o superior que las originales o alternas importadas?

¿Las pastillas nacionales tienen un mismo grado de eficiencia a velocidades estándar según la norma EC13H?

¿La temperatura de trabajo de la pastilla de freno nacional afecta a la eficiencia de frenado?

¿Cuál es el grado o porcentaje que diferencia a la pastilla original de la extranjera y la nacional en cuanto a la eficiencia en el frenado?

¿Las pastillas nacionales cumplen las resoluciones mínimas según la Norma ECE 13H?

El objetivo de esta tesis se halla enfocado en formular un estudio técnico para comprobar la factibilidad del uso de pastillas nacionales mediante la ayuda de un acelerómetro y un sensor de fuerza, verificando cuantitativamente la eficiencia de frenado mediante la norma ECE 13H. Así mismo dicho estudio tiene la finalidad:

- a) Comparar la eficiencia de frenado de las pastillas originales, alternas nacionales y alternas extranjeras.
- b) Estandarizar el vehículo de pruebas para obtener valores comparables.
- c) Establecer los parámetros para la comprobación de calidad de las pastillas de freno.
- d) Evaluar la calidad de las pastillas nacionales mediante la norma ECE 13H.
- e) Realizar un estudio de pastillas de freno nacionales.
- f) Estandarizar el coeficiente de adherencia entre el vehículo y la calzada utilizando una sola especificación de neumáticos, mediante la Norma ECE13H.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. ANTECEDENTES

A finales del siglo XIX donde se dio la aparición de los primeros automóviles trajo consigo la necesidad de la creación de un sistema que lograra el frenado del mismo, aunque las velocidades a las que llegaban los automóviles en esa época no eran elevadas ni la transmisión que poseían daba para más se requería de un sistema que ayude a la detención total del mismo. El frenado nace de los coches de caballos donde se usaba una zapata la cual se aplicaba directamente sobre la banda de rodadura de las ruedas traseras haciendo perder velocidad por la fricción que producía.

Herbert Froot para 1987 implemento la primera pastilla de fricción la cual se fundamentaba en la utilización de una trenza con fibras de algodón, pero tenía una gran limitación (el uso de una fibra natural perdía sus propiedades de fricción y por lo tanto llegaba a romperse a 150°C) por lo que no se dudó en buscar alternativas. Pocos años después se implementó las fibras de amianto debido a que daban facilidad en tejer como la fibra de algodón y poseían una elevada resistencia mecánica, flexibilidad, buenas propiedades de fricción, buen comportamiento a las altas temperaturas y tenía una buena compatibilidad con otras sustancias; éste elemento sería la base para la creación de las pastillas de freno por las siguientes décadas.

En la década de los 30 para aumentar la resistencia al calor varios químicos comenzaron a investigar resinas flexibles creando componentes más sofisticados y resistentes entregando materiales de fricción mucho más resistentes y los que conocemos hoy en día. Para la década de los 50 se creó una nueva fórmula con nuevas resinas y

adicional contenían virutas metálicas, dando paso a la creación de lo que hoy conocemos como pastillas en base metálica, donde fue utilizado para áreas industriales y aeronáuticas.

En los 60's se buscaba alternativas para el amianto debido a su afectación que tenía para salud y por sus limitaciones como elemento principal de las pastillas de freno ya que al no ser un recurso renovable su precio aumentaba, las alternativas fueron el uso de fibras de vidrio, fibras de metal y fibras de carbón sintéticas; por las limitaciones que poseía el amianto para los años 70 se utilizó mayoritariamente las pastillas semi metálicas

Debido a la alta conducción de calor por los elementos semi metálicos no son ideales para cualquier aplicación, pueden llegar a transferir el calor a la pinza y al líquido de frenos. Para los 80's con la aparición de la tracción delantera y la aplicación de la aerodinámica en el sector automotriz se necesitó un material que sea capaz de disipar el calor pero con una menor conductividad térmica que los semi metálicos, para evitar la ebullición del líquido de frenos. Es entonces donde en los años 90 se logra sustituir el contenido de metal en las pastillas de frenos por compuestos no tóxicos favoreciendo al medio ambiente y a la salud del ser humano, es un material orgánico que no se desintegra a altas temperaturas y no pierde sus características de fricción.

Aunque aún existe en el sector automotriz pastillas de freno con amianto como principal elemento por lo que hay que tomar normas de seguridad por el alto daño que causa en la salud. A continuación se observa en la Tabla 1.1 una breve ojeada a la historia de los sistemas de seguridad.

Tabla 1.1: Historia de Sistemas de Seguridad

1899	Freno de cinta exterior (con acción sobre tambores)
1902	Freno de tambor con zapatas interiores
1919	Accionamiento hidráulico del freno con servofreno
1955	Freno de disco
1968	Cinturón de seguridad de fijación en tres puntos
1978	Sistema antibloqueo ABS
1979	Airbag para el conductor
1979	Tensor pirotécnico del cinturón
1987	Regulación del resbalamiento en la tracción ASR
1989	Barra antivuelco automáticamente desplegable para descapotable
1995	Programa electrónico de estabilidad ESP
1995	Limitador de la fuerza del cinturón
1995	Airbag lateral
2001	Adaptive Cruise control ACC
2001	Sensotronic Brake Control SBC (freno electrohidráulico)

Fuente: (Wulf Post, 2003)

1.2. SEGURIDAD DEL VEHÍCULO

Para el sector automotriz en los últimos años uno de sus pilares fundamentales a llegado a marcar la diferencia: La “Seguridad” enfocada al desarrollo de soluciones técnicas que ayuden a tener una mejor conducción, prevenir accidentes, reducir las consecuencias de las colisiones entre vehículos y proporcionar una seguridad en caso de accidente.

Los elementos que conforman la seguridad de los vehículos son en sí elementos que prestan protección hacia el conductor y a los ocupantes que se hallan en el mismo mientras el vehículo se encuentra en movimiento, el diseño es uno de los temas más importantes para la construcción de un vehículo en vista que su forma también se enfoca a prestar mayor protección a los usuarios.

Para la evaluación de un vehículo en cuanto a la seguridad que este posee existen una serie de pruebas que determinan el grado de seguridad que presta sea en un accidente o para la prevención del mismo, como el crash test que se enfoca en conocer la seguridad que el vehículo posee en un accidente tanto para el conductor como para los pasajeros. Existen distintos tipos de seguridad los cuales están destinados a la prevención y a la disminución de un accidente como se puede observar en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2: Categorías de Seguridad

PASIVA	ACTIVA	AYUDA A LA CONDUCCIÓN	PREVENTIVA
<ul style="list-style-type: none"> • Deformación programada • Airbag • Reposacabezas activos • Pretensores • Dirección colapsable • Asientos integrales 	<ul style="list-style-type: none"> • ABS • ESP • DTS • Presión de los neumáticos • Frenada de emergencia • Luces autoadaptables 	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación puntos ciegos • Visión nocturna • Visión periférica • ACC • Stop & Go • Ayuda al aparcamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de peatones • Detección de obstáculos • Detector de colisión • Detector de frenado • Alerta de cambio de carril • Alerta antisueño

Fuente: Tamayo L.

Para considerar la seguridad que el vehículo tendrá se usan estudios basados acerca de los tipos de accidentes que se ocasionan con mayor frecuencia, siendo los choques frontales los más concurridos con un total de 64%, seguidos de los choques laterales con un 20%, continúa la lista con un 10% los volcamientos y por último con un 6% los choques traseros como se aprecia en la figura 1.1.

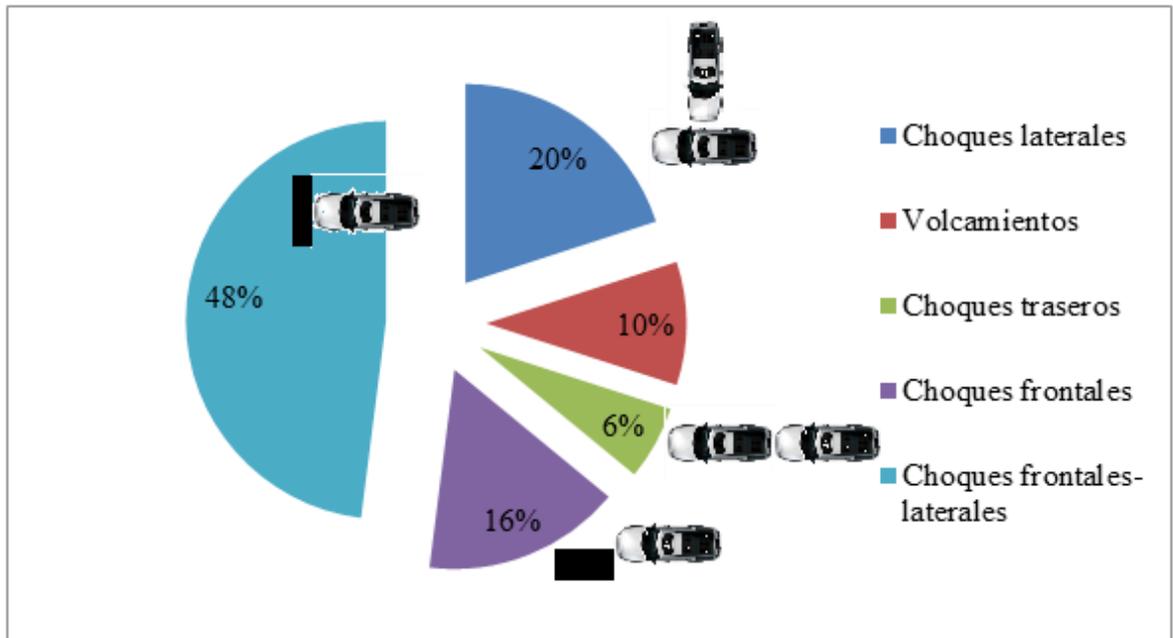


Figura 1.1: Tipos de colisiones más frecuentes
Fuente: Tamayo L.

1.2.1. SEGURIDAD PASIVA

La seguridad pasiva está conformada por los elementos, mecanismos o dispositivos que entran en funcionamiento en el momento que se produce una colisión o un accidente. Entre los que destacan el diseño de la carrocería-bastidor por la absorción de los golpes, cinturón de seguridad, airbags, etc., protegiendo al conductor y acompañantes al momento de una colisión (Calvo y Miravete, 1997).

1.2.2. SEGURIDAD ACTIVA

La seguridad activa es aquella que busca evitar situaciones de riesgo generando un menor porcentaje de peligro de accidentes, dentro de la seguridad activa intervienen sistemas como antibloqueo de frenos, sistemas de control de tracción, suspensiones controladas, sistemas de dirección, neumáticos apropiados, etc., generando que por todos los medios se evite situaciones de peligro; dentro de esta categoría encontramos también todos los sistemas que se encargan de mantener al conductor alerta y evitar el cansancio

como asientos regulables y sistemas que ayudan a conocer el estado del vehículo y la carretera tales como limpiaparabrisas, potentes faros, etc. (Calvo y Miravete, 1997).

1.3. NEUMÁTICOS

La unión que existe entre la calzada y el vehículo es dada mediante el neumático, transmitiendo así fuerzas de frenado, tracción y laterales por lo que tiene la mayor influencia en el comportamiento dinámico del vehículo; para dar una valoración a un neumático se toman en cuenta las siguientes características:

- Estabilidad en rectas
- Estabilidad en curvas
- Adherencia en distintas superficies
- Adherencia en distintas condiciones climáticas
- Confort
- Durabilidad
- Economía

(Luque y Álvarez, 2005)

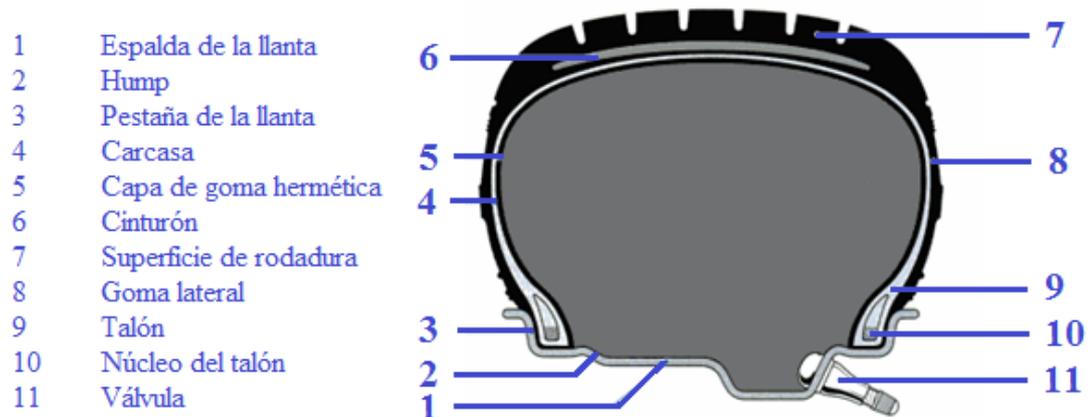


Figura 1.2: Estructura de un neumático radial de turismo

Fuente: Tamayo L.

1.3.1. NORMAS

En EE.UU. según la FMVSS (Federal Motor Vehicle Safety Standard) y directrices europeas los vehículos y remolques contarán con neumáticos en donde en su banda de rodadura tienen que tener 1.6 mm como mínimo de profundidad de grabado. Los vehículos que pesen menos de 2.8 toneladas y superen los 40 km/h tendrán solo neumáticos diagonales o radiales, esta norma no rige para remolques cuya velocidad no supere los 25km/h (Wulf Post, 2003).

1.3.2. APLICACIÓN

Para un uso eficaz del neumático hay que considerar las recomendaciones del fabricante en cuanto a presión de inflado, velocidad máxima, carga máxima, etc., y tener en consideración en el momento de montaje que los neumáticos cumplan las siguientes características:

- Neumáticos equilibrados
- Neumáticos del mismo tipo y apropiados para el vehículo.
- El perfil del neumático cumpla con las medidas establecidas por normas internacionales.
- No superar la velocidad máxima establecida por el fabricante del neumático.

La profundidad del perfil del neumático juega un papel importante en la seguridad de marcha ya que con poco perfil y una acera mojada la distancia de frenado será mucho mayor como se puede observar en la Figura 1.3 debido al reducido arrastre de fuerza que se tiene (Bosch, 2005).

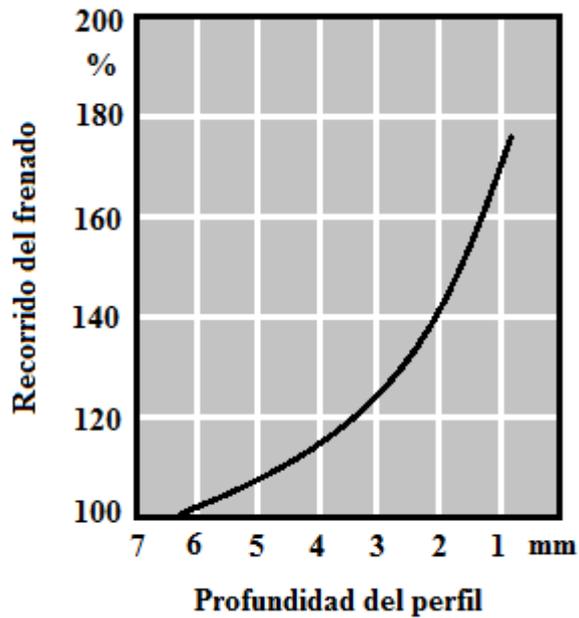


Figura 1.3: Recorrido de frenado vs. Profundidad del perfil en calzada mojada a 100 km/h

Fuente: Bosch, 2005

1.3.3. DESLIZAMIENTO DE LOS NEUMÁTICOS

La diferencia que existe entre la distancia teórica y la distancia practica recorrida por el vehículo se lo conoce como deslizamiento de los neumáticos, su existencia se debe a que cuando una rueda gira ya sea por fuerza propulsora o frenado la superficie de contacto del neumático tiende a acoger ciertos procesos físicos durante los cuales los elementos de goma se tuercen y se encuentran expuestos a movimientos parciales de deslizamiento. El neumático se deforma gracias a su elasticidad dependiendo de algunos parámetros tales como el clima, tipo y condiciones de la calzada dando un trabajo de flexión de mayor o menor grado (Bosch, 2005).

En la Figura 1.4 se puede observar todas las fuerzas y magnitudes que intervienen tanto cuando una rueda gira libremente como cuando ésta es frenada, donde:

a: Rueda que gira libremente

b: Rueda frenada

v_f : Velocidad del vehículo en el centro de la rueda M

v_u : Velocidad periférica de la rueda

φ : Angulo de giro

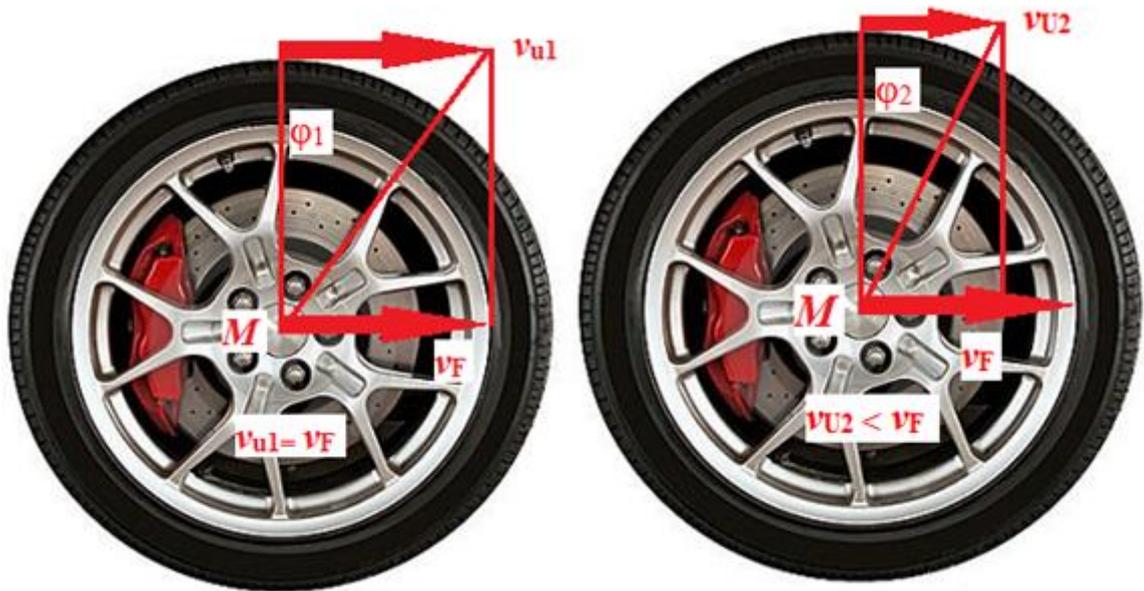


Figura 1.4: Movimiento de rodadura de la rueda
Fuente: Tamayo L.

1.3.4. LABRADO DE LOS NEUMÁTICOS

El labrado de los neumáticos son los surcos o hendiduras que se hallan en la banda de rodamiento cumpliendo así la función tanto de permitir un mejor agarre con el pavimento y sobre todo para generar un drenaje del agua cuando la calzada se encuentra mojada o con nieve evitando así que el neumático flote sobre la película de agua generada haciendo que no pierda adherencia y con ello estabilidad.

1.3.4.1. *Neumático Simétrico*

Un neumático simétrico es aquel que posee sus dos mitades totalmente iguales, es mucho más técnico que los neumáticos asimétricos y que los direccionales y poseen un menor costo. Tienen un muy buen comportamiento en carretera y son muy estables en

línea recta, son utilizados mayoritariamente por vehículos de turismo que realizan trayectos cortos por su buena relación vida útil – alta resistencia.



Figura 1.5: Neumático Simétrico
Fuente: www.leon.cl

1.3.4.2. *Neumático Asimétrico*

Los neumáticos asimétricos son aquellos que su labrado externo se diferencia del interno de la banda de rodamiento pensado en que cada zona del neumático cumple una función distinta. La parte interna posee líneas más abiertas para una evacuación del agua mucho más rápida, mientras que la parte externa se enfoca en ser más rígida y así dar una mayor manejabilidad y estabilidad. Por su diseño estos buscan mayor seguridad tanto en caminos secos como en vías mojadas evitando al máximo el Aquaplaning generando un drenaje óptimo, así mismo su costo llega a ser mayor y su vida útil es menor que los neumáticos simétricos.



Figura 1.6: Neumático Asimétrico
Fuente: www.leon.cl

1.3.4.3. *Neumático Direccional*

Este tipo de labrado tiene una forma peculiar en V y sus bloques apuntan hacia abajo lo que favorece el drenaje del agua siendo este el que tiene menor riesgo de que exista el Aquaplaning. Es utilizado en vehículos deportivos y en vehículos conducidos en zonas húmedas donde exista demasiada lluvia y nieve, en cuanto al desgaste es el que menor tiempo de vida útil posee pero así mismo presta un excelente comportamiento en cuanto a velocidades altas.



Figura 1.7: Neumático Direccional
Fuente: www.leon.cl

1.4. FUERZAS Y MOMENTOS EN EL VEHÍCULO

Para lograr detener el vehículo se utiliza el rozamiento de elementos mecánicos que convierten la energía cinética que se tiene en calor, el sistema de frenos cumplirá con los siguientes objetivos (Bosch, 2005):

- La disminución de la velocidad del vehículo cuando esté en marcha y dependiendo de la necesidad del conductor detenerlo totalmente en una distancia apropiada cuando el freno es activado, acorde a la presión que se ejerce en el pedal de freno.
- Mantener el vehículo totalmente quieto cuando este se encuentre aparcado, es decir, que el normalmente conocido como freno de mano realice su función de ejercer

presión sobre las dos ruedas que comúnmente son las traseras cuando se lo acciona sea este por pedal, pulsador o por palanca.

Muy aparte del estado de marcha en el que se encuentra el vehículo actúan sobre éste distintas fuerzas además del peso del mismo y afectan su valor las modificaciones dinámicas que intervienen en el mismo tales como aceleración, retención, cambios de dirección, entre otras mostradas en la Figura 1.5 (Bosch, 2005).

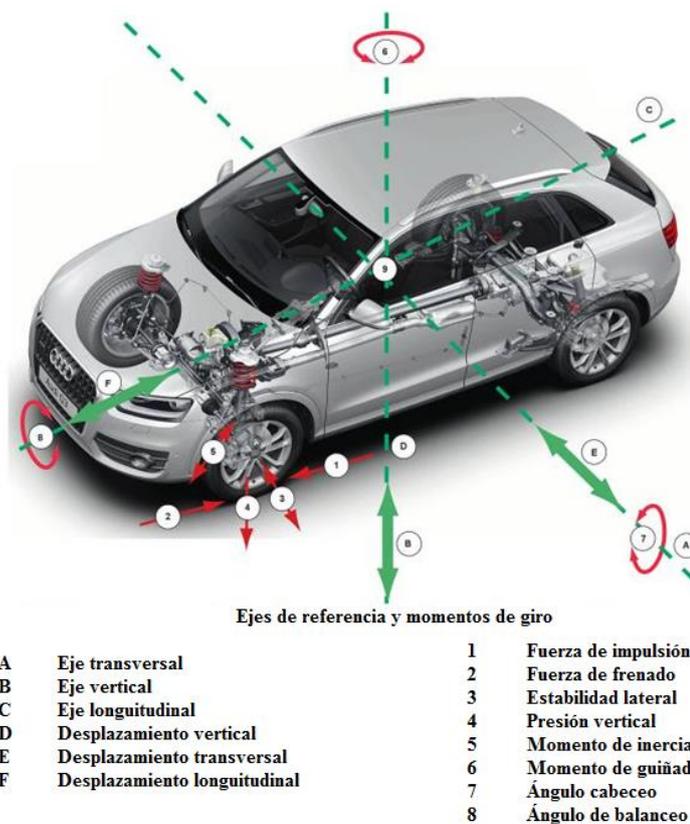


Figura 1.8: Fuerzas y momentos del vehículo

Fuente: Calvo y Miravete, 1997

Las fuerzas que intervienen se las clasifica como fuerzas en sentido transversal que son aquellas que tienen un flujo lateral como la fuerza de dirección, fuerza centrífuga en curvas y demás; y las fuerzas en sentido longitudinal las cuales tienen una dirección hacia donde se dirige el vehículo o su contrario siendo la fuerza motriz, resistencia al aire las más importantes. Tanto las fuerzas longitudinales como las transversales son transmitidas hacia

la calzada por los neumáticos, llegando a este último sea gracias al chasis, sistema de dirección, motor y sistema de cambio o del sistema de frenos. A continuación se describe un listado de las fuerzas que inciden en el comportamiento del vehículo (Bosch, 2005):

1.4.1. FUERZAS DE LOS NEUMÁTICOS

A través de la fuerza que existe en los neumáticos se consigue el movimiento o el cambio de movimiento del vehículo, la fuerza que existe en el neumáticos se halla subdividida en 3 componentes: Fuerza tangencial, fuerza normal o de contacto del neumático y la fuerza lateral (Bosch, 2005).

1.4.1.1. *Fuerza tangencial*

La fuerza tangencial F_U es originada debido al frenado o a la impulsión que se tenga, siendo ésta la fuerza que hace que sea capaz la aceleración del automóvil gracias a los pedales tanto de aceleración como de frenado accionados por el conductor. Es la fuerza que actúa longitudinalmente (Bosch, 2005).

1.4.1.2. *Fuerza normal o de contacto del neumático*

Es la fuerza que se encuentra verticalmente formada por el contacto entre el neumático y la calzada, esta fuerza actúa independientemente el vehículo se halle en movimiento o totalmente parado. La fuerza normal que existe en los neumáticos es la encargada de determinar el peso y la carga que tiene el vehículo en cada una de las ruedas (Bosch, 2005).

Los valores de esta fuerza cambian acorde el peso del vehículo y de la deformación que exista en la calzada, siendo el valor máximo cuando la calzada es plana, otras de las situaciones que influyen en su valor es si existe una curva con el vehículo en movimiento aumentando en las ruedas exteriores y disminuyendo en las internas (Bosch, 2005).

Debido a esta fuerza el neumático sufre una deformación por el contacto existente entre la calzada y del neumático, y es por esto que la fuerza no se distribuye igualitariamente en toda la superficie del neumático produciendo una distribución trapezoidal de la presión (Bosch, 2005).

1.4.1.3. Fuerza lateral

La fuerza lateral es aquella que actúa horizontalmente sobre la rueda provocando u ocasionando un cambio en la dirección que posee el vehículo (Bosch, 2005).

En la Figura 1.5 se encuentran cada una de las fuerzas que intervienen en el neumático, donde:

F_N : Fuerza Normal o de contacto del neumático

F_U : Fuerza tangencial

F_S : Fuerza lateral



Figura 1.9: Componentes de las fuerzas del neumático
Fuente: Tamayo L.

1.4.2. FUERZA DE FRICCIÓN

Cada vez que ocurre un frenado entre el neumático y la calzada llega a darse la existencia de una fuerza de frenado F_B , mientras que si el vehículo está sin moverse éste es igual al momento de frenado. El valor resultante de la fuerza de frenado F_R es totalmente proporcional a la fuerza normal ya anteriormente hablada en el capítulo 1.4.1.2, resultando de esta manera:

$$F_R = \mu_{HF} \cdot F_N \quad \text{Ec. [1.1]}$$

El coeficiente de adherencia μ_{HF} se halla caracterizado por entregar un valor de acuerdo a distintas condiciones existentes entre el neumático y la calzada denotando entre las más importantes:

- Estado de los neumáticos
- Estado de la calzada
- Velocidad de la marcha
- Condiciones atmosféricas
- Humedad

Cuando existe un frenado el valor de dicho coeficiente depende en qué medida puede ser realmente activo el momento de frenado, es decir, con una calzada seca y sin ningún tipo de material extra como gravilla el valor será el máximo a tener, mientras que con una calzada mojada se tendrá valores medios y sobre hielos se tendrá los valores mínimos como se observa en la Tabla 1.3. Los sistemas ABS y ASR son los que aprovechan esta adherencia de una manera óptima (Bosch, 2005).

Tabla 1.3: Valores de coeficiente de adherencia según los estados de la calzada

Velocidad de la marcha	Estado de los neumáticos	Carretera seca	Carretera mojada (alto del agua de 0,2mm)	Lluvia intensa (alto del agua de 1mm)	Charcos (alto del agua de 2mm)	Helada (resbaladiza)
50 km/h	Nuevo	0,85	0,65	0,55	0,5	0,1 o menor
	Usado	1	0,5	0,4	0,25	
90 km/h	Nuevo	0,8	0,6	0,3	0,05	
	Usado	0,95	0,2	0,1	0	
130 km/h	Nuevo	0,75	0,55	0,2	0	
	Usado	0,9	0,2	0,1	0	

Fuente: Bosch, 2005

En la figura 1.6 se muestra como intervienen todas las fuerzas previamente mencionadas acorde la velocidad que posee el neumático, donde:

M_B : Momento de frenado

F_B : Fuerza de frenado

F_N : Fuerza Normal

v_x : Velocidad del neumático en sentido longitudinal



Figura 1.10: Velocidad del neumático y fuerzas que influyen en el frenado

Fuente: Tamayo L.

1.4.2.1. *Aquaplaning*

En el momento que llega a existir una película de agua entre el neumático y la calzada el valor existente de la fricción se acerca a 0, o fenómeno normalmente conocido como Aquaplaning que hace que el vehículo “flote” por así decirlo, dependiendo de los siguientes factores:

- Nivel de agua en la calzada
- Velocidad del vehículo
- Forma de perfil, ancho y la condición (nuevo o usado) del neumático
- Carga que se ejerce en cada neumático

1.4.2.2. *Rozamiento del deslizamiento*

Existen dos tipos de rozamientos: el rozamiento en reposo y el rozamiento de deslizamiento, siendo el primero el de mayor valor; hay ocasiones en las que por distintas situaciones el coeficiente de resbalamiento de adherencia supera en número al proceso de bloqueo y otras en las que se produce el conocido “derrape” el cual se da cuando se dan procesos de deslizamiento mientras el neumático gira.

1.4.3. *ÁNGULO DE DERIVA*

Cuando el vehículo se encuentra en una curva va a estar expuesto a una fuerza centrífuga la cual es determinada en base a la velocidad, radio de la curva y la masa del vehículo que es contrarrestada por las fuerzas transversales en los neumáticos. La diferencia existente entre el ángulo con el cual la llanta gira y la tangente a la trayectoria efectiva es el ángulo de deriva como se observa en la Figura 1.11, siendo la deriva el alejamiento de la trayectoria teórica del vehículo.



Figura 1.11: Ángulo de deriva
Fuente: Tamayo L.

Este ángulo se encuentra relacionado con algunas características importantes que posee el neumático tales como su resistencia a la deriva o también la capacidad de soportar eficientemente los esfuerzos transversales. Influye directamente sobre la dinámica del vehículo y también en otros componentes como el centro de gravedad, pesos gravitantes sobre los ejes delanteros y traseros, etc.

1.5. DINÁMICA LONGITUDINAL DEL VEHÍCULO

La fuerza de impulsión producida por el motor debe igualar y vencer las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo, es por eso que todas las fuerzas que actúan sobre la rueda determinan las prestaciones del mismo. Para analizar el comportamiento longitudinal del vehículo se cuantifican sus características y las acciones del medio exterior, por lo que evalúa las resistencias opuestas al movimiento del vehículo para así poder determinar las prestaciones reales y la influencia existente entre la rueda y la calzada (Luque y Alvarez, 2003).

1.5.1. RESISTENCIA TOTAL DE LA MARCHA

Esta resistencia es la suma de las resistencias previamente vistas: resistencia a la rodadura, resistencia al aire y la resistencia a la pendiente como podemos observar en la Figura 1.12. Para vencer la resistencia total es necesario la aplicación de una fuerza motriz a las ruedas que vienen dada y varía acorde al par motor, a la desmultiplicación entre el motor y las ruedas sea mayor y cuando las pérdidas de transmisión sean menores. Para lograr vencer estos factores es necesario adaptar la fuerza motriz mediante los engranajes de la caja de velocidades (Wulf Post, 2003).

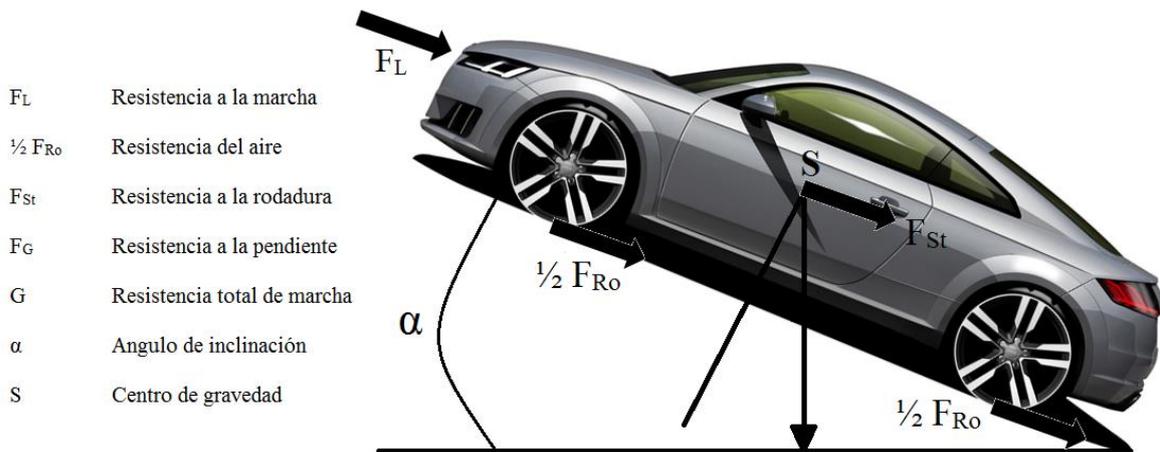


Figura 1.12: Resistencia total de la marcha
Fuente: Tamayo L.

1.5.2. RESISTENCIA A LA RODADURA

Es la resistencia producida por el movimiento del vehículo, es opuesto a la fuerza de empuje y el valor que tiene depende de varios factores como la masa del vehículo, perfil y presión de los neumáticos, velocidad, condición climática, tipo de calzada y su estado, etc.

El valor se lo obtiene del producto del peso que cae en cada rueda por el coeficiente de resistencia a la rodadura que es un valor predeterminado dado por el material y los factores ambientales (Mozata, 2011).

1.5.3. RESISTENCIA DE PENDIENTE O ASCENSIÓN

Esta resistencia depende de la masa que tiene el vehículo y de la inclinación o el ángulo que tiene la pendiente, para vencer esta resistencia se requiere una mayor potencia por parte del motor evitando una disminución de la velocidad. Dicha resistencia se la minimiza con los siguientes aspectos:

- Correcta relación de transmisión antes de empezar la pendiente.
- Evitar cambios durante la subida.
- Mantener las revoluciones del motor dentro de los límites.

La pendiente se la expresa tanto en grados, como en porcentaje de desnivel, teniendo en cuenta que el valor de la pendiente de una carretera es la tangente del ángulo con respecto de la horizontal. Cuando se cambia el sentido de la dirección, es decir cuesta abajo la pendiente cambia de signo y deja de oponerse al movimiento sino que pasa a ser apoyo al esfuerzo del motor (Mozata, 2011).

Para que el vehículo se mueva con una velocidad constante la fuerza producida por el motor y las fuerzas opuestas al movimiento o resistivas deben ser iguales, por lo que la aceleración también será nula. Si las fuerzas resistivas son superiores al esfuerzo producido por el motor se producirá una desaceleración y la velocidad decaerá (Mozata, 2011).

1.5.4. RESISTENCIA A LA AERODINÁMICA

La fuerza de resistencia del aire depende de la forma constructiva del vehículo y su tamaño, de la velocidad a la que conduce, a la condición climática como la densidad del aire, y la dirección y fuerza que tenga el viento. (Mozata, 2011)

1.5.5. ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN

Cuando la aceleración es constante existe un movimiento sea acelerado o desacelerado en sentido longitudinal. La distancia que recorre el vehículo en la desaceleración es de vital importancia debido a que influye en la seguridad del mismo (Wulf Post, 2003), y depende de los siguientes factores:

- Velocidad del vehículo
- Carga del vehículo: pesos adicionales
- Estado de la calzada de contacto sea seco, húmedo, mojado y del tipo de calzada.
- Estado de los neumáticos, de la profundidad del grabado del neumático.
- Estados del freno, pastillas de freno en buen estado y libres de aceite.

1.6. DINÁMICA TRANSVERSAL DEL VEHÍCULO

El comportamiento de marcha con viento lateral refleja que cuando existen vientos fuertes que apuntan longitudinalmente al vehículo éste tiende a desviarse de su dirección más aún si la velocidad del vehículo es alta y si las dimensiones del mismo no son favorables, para vehículos donde su diseño es desfavorable el vehículo puede cambiar el ángulo de giñada y considerables desplazamientos laterales como se observa en la Figura 1.13.

Aparte de la resistencia del aire que existe longitudinalmente y gracias al ataque de un fuerte viento lateral produciendo una fuerza de aire lateral se origina un componente de la fuerza de aire en el sentido transversal, la misma que se distribuye a lo largo de todo el vehículo pero pudiéndola tomar como una sola fuerza de viento lateral. La posición exacta donde se coloca la fuerza depende de la forma del vehículo y del ángulo con el que el viento ataca (Wulf Post, 2003).

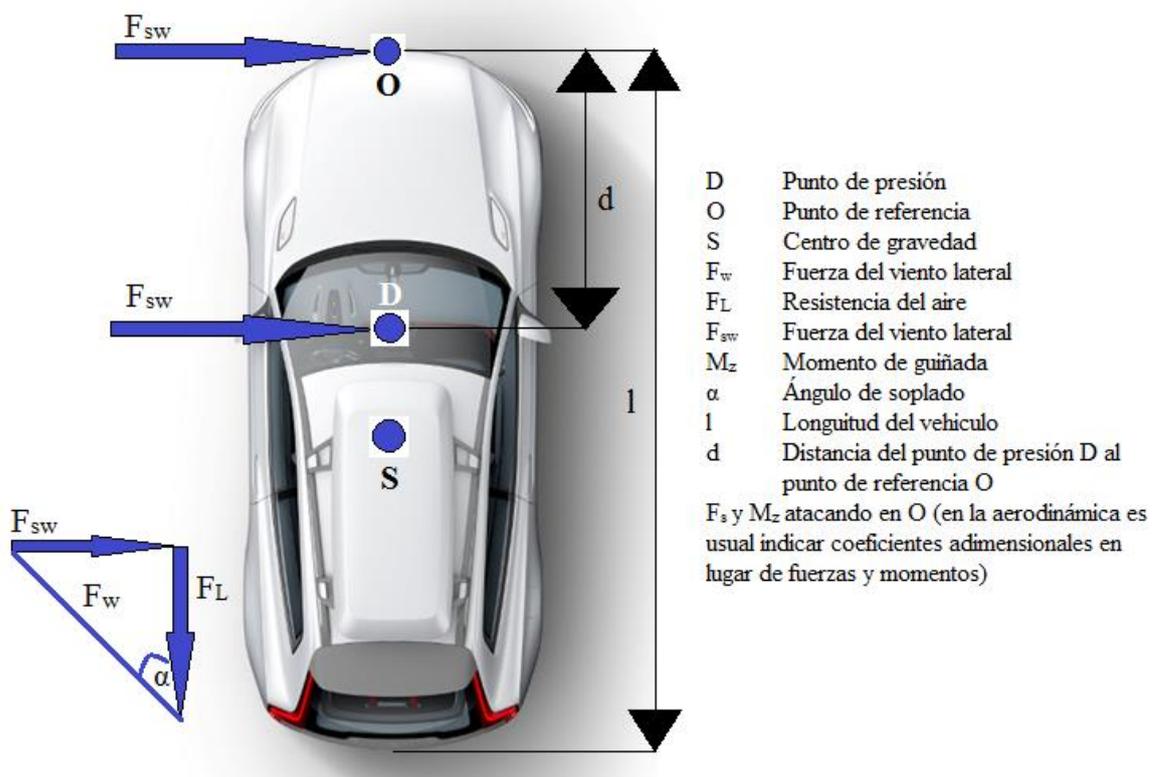


Figura 1.13: Vehículo con viento lateral
Fuente: Tamayo L.

La posición del centro de gravedad depende del factor de carga del vehículo, es decir, del peso tanto delantero y posterior y la longitud y ancho del mismo, mientras que la posición del punto de presión se encuentra en la mayoría de vehículos en la mitad delantera del vehículo. Para poner un punto de referencia para la fuerza de viento lateral se toma en cuenta la fuerza de viento lateral del punto de presión, es decir, el momento de guiñada. Mientras más cerca se encuentre el punto de presión con el centro de gravedad existe una mayor estabilidad, mientras que si el punto de presión se encuentra delante del centro de gravedad se tendrá una curvatura mínima del centro del recorrido en un vehículo que sobrevira (Wulf Post, 2003).

1.6.1. SUB VIRAJE Y SOBRE VIRAJE

La velocidad del vehículo, la adherencia que tiene el neumático con la calzada y el ángulo de giro influyen directamente para producir estos fenómenos. El sub viraje de un

defecto de giro del vehículo dado por que la parte delantera tiende a tener un mayor desplazamiento que la parte trasera hacia el exterior de la curva reduciendo así la maniobrabilidad; hay que tener en cuenta que los vehículos con el motor en la parte delantera y tracción delantera al tener el centro de gravedad por delante de la parte central son más propensos a un sub viraje. Mientras que el sobre viraje es prácticamente cuando el desplazamiento de la parte posterior del vehículo al exterior de la curva es mayor que el de la parte delantera, y para rectificarlo es necesario corregir el giro del volante (Águeda, 2012).

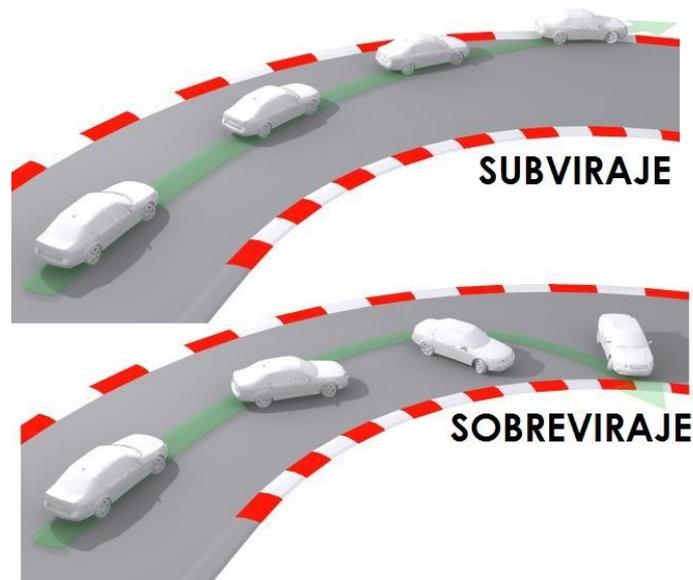


Figura 1.14: Sub viraje y sobre viraje del vehículo

Fuente: <http://www.todoautos.com.pe/portal/auto/seguridad/1722-subviraje-y-sobreviraje-que-es-y-como-corregirlo>

1.6.2. FUERZA CENTRÍFUGA EN LAS CURVAS

La fuerza centrífuga F_{CT} en una curva es la aplicada al centro de gravedad S tal como se muestra en la Figura 1.15, esta fuerza depende de los siguientes factores (Bosch, 2005):

- Radio de la curva r_k
- Velocidad del vehículo v
- Centro de gravedad S

- Masa del vehículo
- Distribución de la carga en el vehículo
- Ancho de la vía
- Fricción entre el neumático y la calzada
- Fuerza lateral en las ruedas F_s

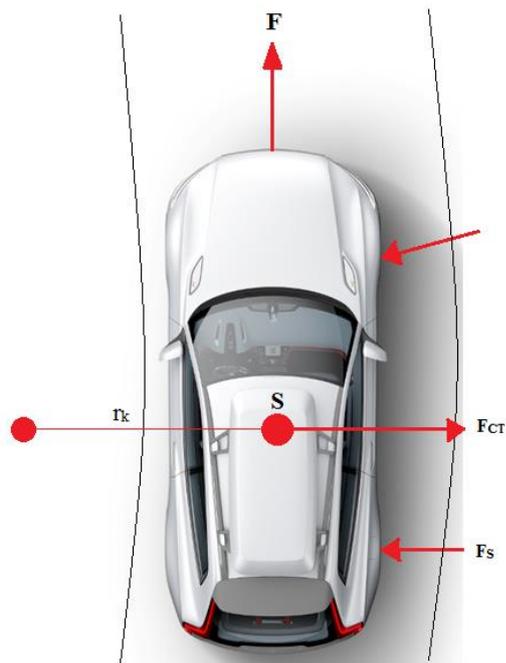


Figura 1.15: Fuerza Centrífuga en las curvas
Fuente: Tamayo L.

Cuando la fuerza centrífuga quiere exceder las fuerzas laterales en las ruedas existe peligro debido a que evita que el vehículo se mantenga en la vía o tramo establecido (Bosch, 2005).

1.7. CONFIGURACION DEL SISTEMA DE FRENOS

Los sistemas de frenos se dividen dependiendo el elemento metálico que se encuentra solidario a la rueda sobre el cual roza el forro del freno, siendo ésta la configuración del freno. Existe dos tipos: Freno de tambor y Freno de disco.

1.7.1. FRENO DE TAMBOR

Los frenos de tambor se encuentran conformados por las siguientes piezas:

- Tambor
- Dos zapatas que poseen un forro de fricción
- Disco porta freno
- Resortes de recuperación

En el disco porta freno es el que acoge a las dos zapatas ubicadas dentro del tambor que a su vez es solidario con el eje de la rueda. Para su accionamiento es necesario un mecanismo de mando sea este mecánico, hidráulico, neumático, etc., el cual ejercerá un esfuerzo sobre las zapatas desplazándolas para que entren en contacto con la pared interna del tambor, el frenado se produce gracias a la fricción que existe entre el forro de fricción y el tambor. Luego de dicho proceso y una vez desactivado el mecanismo de mando las zapatas retornan a su posición original gracias a los resorte de recuperación (Domínguez y Ferrer, 2012).

1.7.1.1. Freno simplex

Este es uno de los montajes más comunes en vehículos turismo, el montaje simplex se enfoca en que ambas zapatas poseen un punto de apoyo fijo por un extremo y por el otro son apretadas contra el tambor con una fuerza F_1 y otra fuerza F_2 las cuales no tendrán el mismo valor ya que la una es principal y la otra secundaria. El retorno de las zapatas a su posición inicial se la realiza mediante un resorte. El sistema posee una zapata principal y otra secundaria. Debido al apoyo que existe entre la zapata principal sobre el tambor en contra del giro de este produce un enclavamiento aumentando la presión de frenado, mientras que en la zapata secundaria al ésta estar apoyada a favor del sentido de giro de la rueda, siendo rechazada por el giro del tambor obteniendo como

consecuencia una menor presión; por lo que siempre existe presiones distintas en ambas zapatas (Domínguez y Ferrer, 2012).

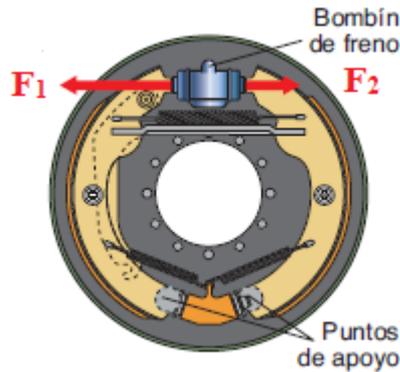


Figura 1.16: Freno de tambor simplex
Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

El 70% de la carga es asumida por la zapata principal mientras que en un 30% por la zapata secundaria, entendiéndose que existe un desgaste desigual en el material de fricción de las zapatas (Domínguez y Ferrer, 2012).

1.7.1.2. Freno dúplex

Este tipo de montaje consiste en que cada zapata posee su propio actuador hidráulico haciendo que cada zapata sufra un enclavamiento en el tambor con fuerzas F totalmente iguales. Con esto se logra que las dos zapatas sean principales generando una equidad en las presiones de frenado y aumentando la eficiencia del mismo. El circuito hidráulico es común entre los cilindros produciendo la misma presión (Domínguez y Ferrer, 2012).

Las partes posteriores de los actuadores hidráulicos sirven como punto de apoyo para la otra zapatas. Al existir un autorreforzamiento en las dos zapatas el frenado hacia adelante es más efectivo que un freno simplex, aunque por este mismo motivo cuando el vehículo está en marcha atrás las zapatas pasan a ser secundarias disminuyendo el frenado (Domínguez y Ferrer, 2012).

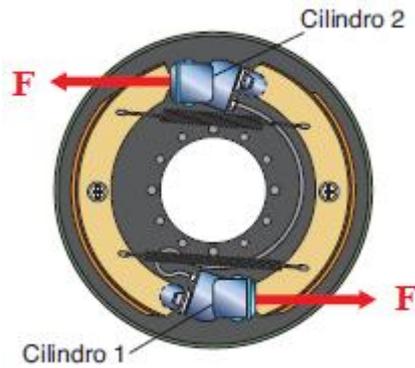


Figura 1.17: Freno de tambor dúplex
Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

1.7.1.3. Freno dúo dúplex

Encontrar este tipo de montaje es complicado encontrarlo ya que no es muy utilizado, lo conforma un tambor donde se encuentran dos cilindros de doble efecto, posee una relación con el freno dúplex en que cuando el vehículo va para adelante ambas funcionan como zapatas principales pero la diferencia radica en que con marcha atrás siguen siendo principales, por lo que las presiones y las fuerzas de frenado en ambas direcciones serán las mismas teniendo que $F_1 = F_2$ tanto en sentido de marcha como de reversa (Domínguez y Ferrer, 2012).

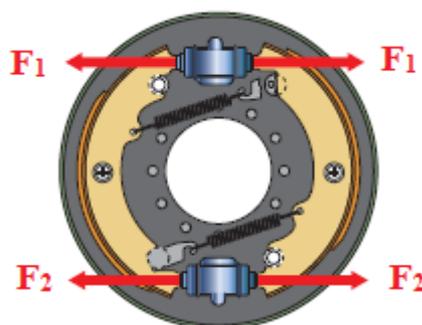


Figura 1.18: Freno de tambor dúo dúplex
Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

1.7.1.4. Servofreno

Es similar al montaje simplex y tiene el mismo funcionamiento en marcha atrás, pero una de las diferencias que posee es que las zapatas tienen un punto de apoyo desplazable

hacia un lado y ya no tienen puntos de apoyo fijos, posee un cilindro doble que sirve como dispositivo de tensado para las zapatas generando la misma fuerza F y la misma presión, posee un tope con el cual se asegura que solo para un lado se dé el desplazamiento (Domínguez y Ferrer, 2012).

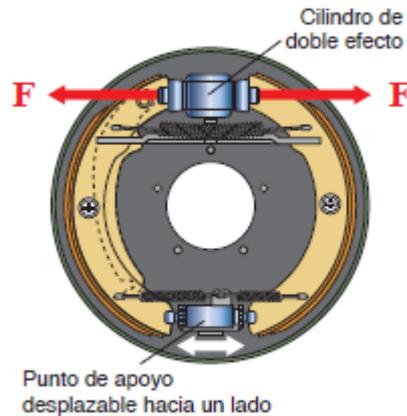


Figura 1.19: Servofreno
Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

El accionamiento de la zapata secundaria se da gracias a la transmisión de la fuerza de la principal mediante el punto de apoyo de alojamiento flotante como se observa en la Figura 1.19, la característica principal de este montaje está dada por presentar alta eficiencia de frenado gracias al autorreforzamiento. En marcha atrás funciona como el freno simple (Domínguez y Ferrer, 2012).

1.7.1.5. Freno dúo-servo

Posee el mismo cilindro de doble efecto el cual está encargado de realizar la función de dispositivo de tensado. El punto de apoyo de las zapatas consiste en un sistema de biela de acoplamiento haciendo que las dos zapatas sean principales obteniendo la misma fuerza F en ambas zapatas, al tener un alojamiento flotante se puede desplazar en los dos sentidos. Cuando se acciona las zapatas pivotan sobre el apoyo y gracias a la biela de acoplamiento

empuja a la otra zapata teniendo un reparto uniforme de la presión (Domínguez y Ferrer, 2012).

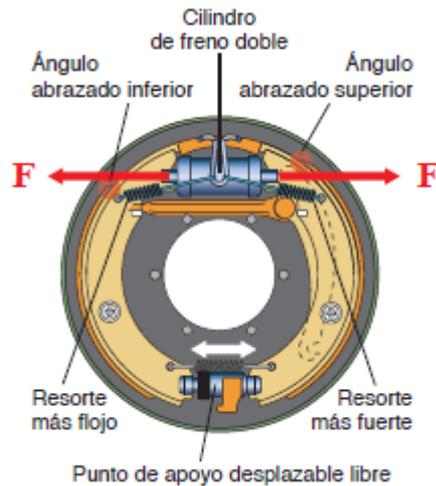


Figura 1.20: Freno dúo-servo
Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

1.7.2. FRENO DE DISCO

Según la constitución y los principios de funcionamiento, los tipos de montaje más empleados en los sistemas de freno de disco son (Domínguez y Ferrer, 2012):

- Freno de disco con pinza fija.
- Freno de marco flotante.
- Freno de disco con pinza flotante.
- Freno de disco neumático con pinza flotante.
- Freno de mordaza oscilante.
- Freno de disco totalmente cubierto.

1.7.2.1. *Freno de disco con pinza fija*

Se lo conoce también como de doble acción, la mordaza se encuentra sujeta haciéndola permanecer fija en el frenado. Para evitar que las pastillas de freno se muevan son apretadas en la mordaza mediante ballestas expansibles. Dentro, se encuentran en cada

lado del disco de freno, uno o más cilindros como se muestra en la Figura 1.21 (Domínguez y Ferrer, 2012).

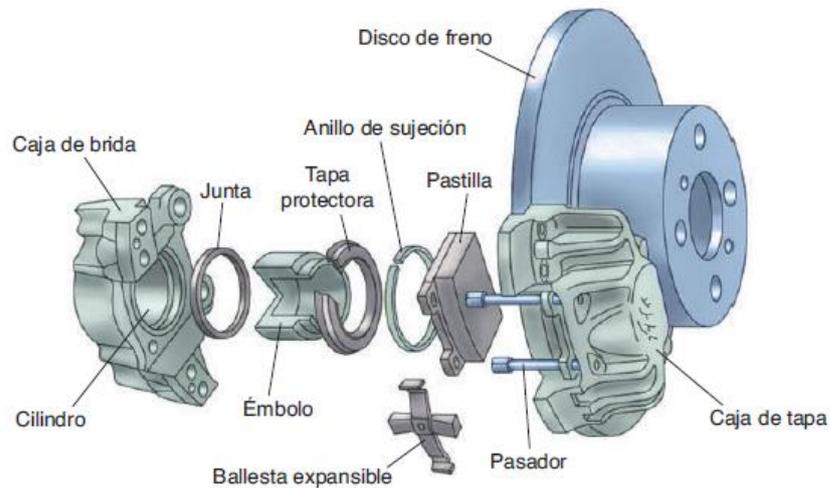


Figura 1.21: Partes del freno de disco con pinza fija
Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

Cuando el freno es accionado, mediante la bomba se va a generar una presión hidráulica sobre los pistones interior y exterior apretando las pastillas de freno contra el disco (Figura 1.22). La presión generada P es la misma para cada pistón, y su regreso a la posición inicial se da con la ayuda de retenes estanqueizantes o por gomas. Son utilizados en vehículos rápidos y pesados debido a que los frenos de pinza fija contra el disco son muy sólidos (Domínguez y Ferrer, 2012).

Entre las principales características:

- La pinza se encuentra montada fija en el cuerpo del eje.
- Gracias a que solo un cilindro se encuentra a cada lado del disco de freno el espacio para el montaje es relativamente amplio

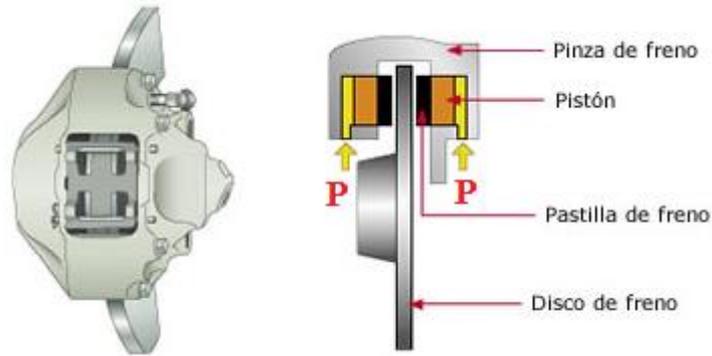


Figura 1.22: Funcionamiento de un freno de disco con mordaza fija
Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

1.7.2.2. Freno de marco flotante

En la suspensión de las ruedas se encuentra el marco que está en un alojamiento desplazable mediante un soporte fijo atornillado, existe un cilindro y su pistón en la parte interior de la rueda. Cuando el freno es accionado el pistón se encarga de apretar las pastilla contra el disco de freno, a su vez el disco de freno ejerce una fuerza de reacción la cual es transmitida desde el pistón hacia el cilindro y el marco, haciendo que el marco se apriete hacia el interior y a su vez la segunda pastilla se mueva hacia el disco, mediante el retén estanqueizante del pistón y el tambaleo del disco se logra que las pastillas regresen a su posición inicial (Domínguez y Ferrer, 2012).

Al sistema poseer un solo cilindro se gana espacio para el montaje y desmontaje. Al tener los conductos del líquido de freno más separados del disco existe un menor calentamiento del líquido de frenos, lo que disminuye la probabilidad de formación de burbujas de vapor, es utilizado en vehículos pequeños (Domínguez y Ferrer, 2012).

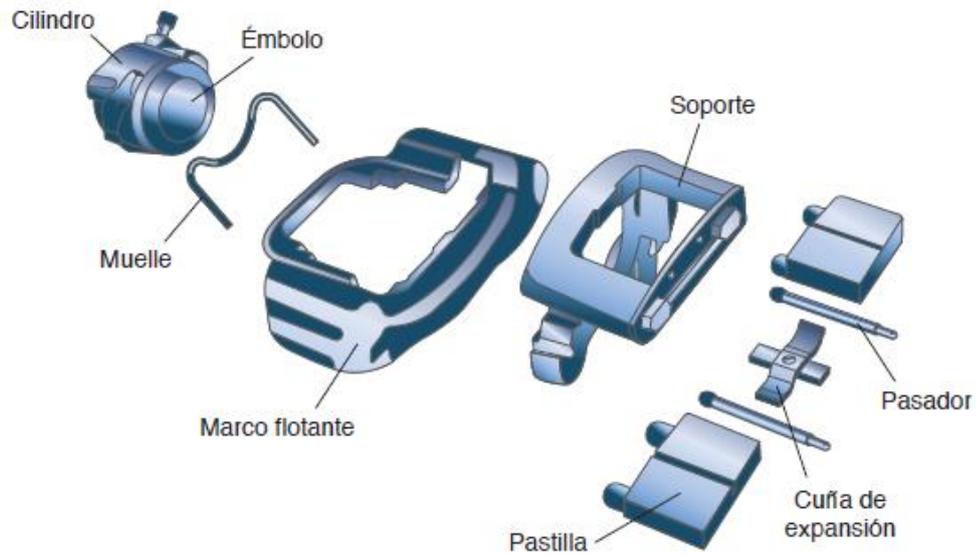


Figura 1.23: Freno de disco de marco flotante
Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

1.7.2.3. Freno de disco con pinza flotante

Posee dos componentes principales, la caja que posee forma de puño en la cual se encuentran las pastillas, las bridas de fleje y el cilindro con el pistón, y el soporte como se muestra en la Figura 1.24.

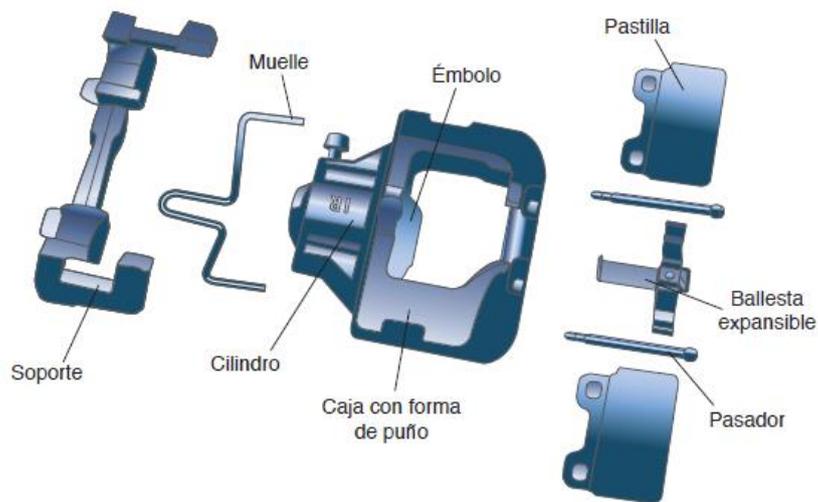


Figura 1.24: Freno de disco con pinza flotante
Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

Al tener una mayor superficie del pistón se tiene una mayor fuerza en el disco con la misma presión. Luego de ser accionado y tener la misma reacción que el freno de marco

flotante en la cual el pistón desplaza la pastilla contra el disco de freno, la fuerza de reacción del disco es la causante de que la caja se mueva hacia dentro y así la segunda pastilla recorra hacia el disco de freno. Posee las siguientes características (Domínguez y Ferrer, 2012):

- Debido a la forma que posee la caja tiene una mayor superficie del pistón ejerciendo más fuerza sobre el disco de freno.
- La probabilidad de que se formen burbujas de vapor es mínima ya que los conductos del líquido de freno no se encuentra cerca del disco.
- Son implementados en vehículos industriales ligeros en su eje delantero, y en turismos, en ambos ejes.

1.7.2.4. Freno de mordaza oscilante

La mordaza se encuentra sujeta alrededor de un perno el cual funciona como eje de giro mostrado en la Figura 1.25. En la mordaza se cilindro con el pistón y las pastillas de freno. Debido a sus dimensiones y al peso de la mordaza este sistema es usado por motocicletas (Domínguez y Ferrer, 2012).

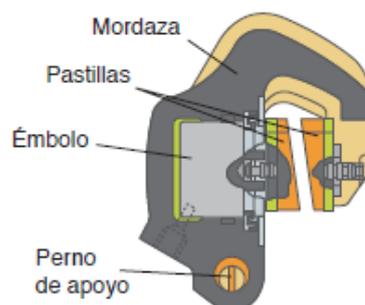


Figura 1.25: Freno de mordaza oscilante

Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

Al aplicar la presión hidráulica se acciona el pistón ejerciendo una presión igual y opuesta sobre el extremo cerrado del cilindro haciendo que la mordaza se desplace en

dirección contraria al movimiento del pistón describiendo un leve giro alrededor del perno de apoyo incide sobre él embolo, éste empuja la pastilla contra el disco de freno como se observa en la Figura 1.26 (Domínguez y Ferrer, 2012).

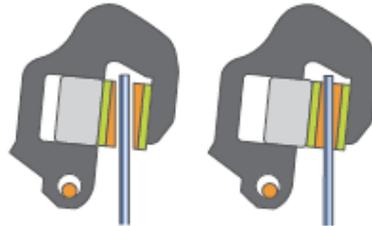


Figura 1.26: Movimiento oscilante de las mordazas
Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

1.7.2.5. Freno de disco totalmente cubierto

El freno de disco totalmente cubierto se encuentra compuesto por una caja de freno rotatorio la cual se halla en el cubo de la rueda, funcionando también como un disco con su pared interna. Los forros de freno anulares se hallan en la caja, entre los discos de freno que están conectados con la caja fija de cojinetes de la rueda mostrada en la Figura 1.27.

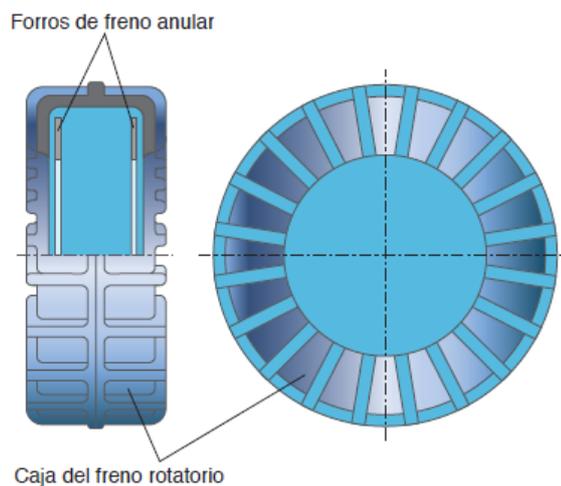


Figura 1.27: Freno de disco cubierto
Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

Al accionar este sistema gracias a la presión hidráulica las pastillas se separan y aprietan contra el disco. Al tener una gran superficie de rozamiento existe un mejor

comportamiento a las altas temperaturas, y por su diseño cerrado se reduce el ingreso de suciedad. Es usado en vehículos agrícolas y algunos vehículos blindados (Domínguez y Ferrer, 2012).

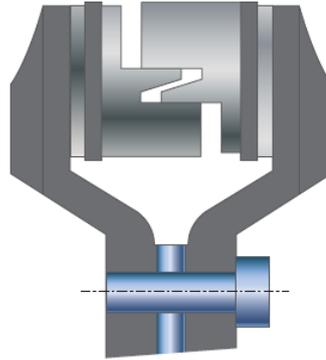


Figura 1.28: Acoplamiento del freno de disco cubierto
Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

1.8. PASTILLAS DE FRENO

Las pastillas de freno forman parte del sistema de freno de disco, siendo éste el elemento frenante. Esto se realiza ejerciendo presión en ambos lados del rotor del freno, que gira junto con las ruedas. Debido a las elevadas temperaturas y a la alta fricción a la que se encuentra debe poseer cualidades específicas.



Figura 1.29: Pastillas de freno
Fuente: Tamayo L.

Las pastillas de freno son en sí las encargadas de transformar la energía cinética del vehículo en movimiento en energía calorífica, la cual será disipada hasta conseguir la detención total del vehículo. El paso de energía cinética a calorífica se da gracias al contacto que existe entre el disco de freno que viene a ser la parte móvil solidaria a la rueda y las pastillas de freno que vienen a ser el elemento fijo que ese encuentra en conjunto a la estructura del vehículo mediante el cáliper. Los pistones alojados en el cáliper de la rueda son los encargados de empujar las pastillas de frenos sobre el disco de freno (Anónimo, 2011).

1.8.1. CARACTERÍSTICAS

Los requerimientos que han de cumplir las pastillas de freno son los establecidos para aplicación del producto. Para definir las características de este elemento lo dividiremos en tres aspectos de confort, duración y seguridad (Anónimo, 2011):

1.8.1.1. *Confort*

- Amortiguación de vibraciones
- Buen comportamiento frente al ruido

1.8.1.2. *Duración*

- Resistencia al desgaste

1.8.1.3. *Seguridad*

- Soportar altas temperaturas sin deformación
- Resistencia al cizallamiento
- Resistencia a la abrasión
- Estabilidad del coeficiente de rozamiento incluso a elevadas temperaturas y presiones.

- Conductividad térmica para evacuación del calor con rapidez
- Resistencia a la corrosión
- Estabilidad de volumen
- Compresibilidad para que el material absorba vibraciones e irregularidades
- Comportamiento de rodaje

1.8.2. COMPONENTES

Para mejorar las prestaciones que entrega una pastilla de frenos cada fabricante implementa componentes y accesorios que ayudan a llegar al objetivo. A continuación se encuentra los accesorios más importantes que lleva una pastilla de freno (Anónimo, 2011).

1.8.2.1. *El soporte:*

El soporte es un elemento metálico, que cumple la misión de mantener unida a la pastilla con el porta pinzas del cáliper. Para evitar que existan fisuras entre el soporte y la pastilla de frenos en el proceso de prensado y curado de las pastillas es primordial que el soporte sea totalmente plano, por lo que son fabricados por estampación.

Con el fin de que no exista corrosión se los pinta con barniz de alta resistencia y se lo impregna con una resina de alta adherencia para garantizar la unión de la pastilla de freno con el soporte (Anónimo, 2011).



Figura 1.30: Soporte de la pastilla de freno
Fuente: Tamayo L.

1.8.2.2. Láminas anti ruidos:

La función que cumplen es la de absorber las vibraciones y evitar los ruidos cuando existe el contacto entre las pastillas de freno con el disco, se encuentran unidas al soporte por remaches o pegadas con resinas fenólicas bajo tratamiento térmico a 150° C. Dependiendo del automóvil en el cual ira montada se establece el material de la lámina (fibra de vidrio, laminas metálicas, etc.) (Anónimo, 2011).

Una de las cualidades que posee las láminas anti ruidos es la de mejorar la compresibilidad de la pastilla cuando se produce una frenada en frío (Anónimo, 2011).



Figura 1.31: Láminas anti ruidos
Fuente: Tamayo L.

1.8.2.3. • Avisadores de desgaste:

Los avisadores de desgaste informan cuando la pastilla llego al fin de la vida útil y se debe proceder a sustituirlas. Existen varios tipos de avisadores, entre los más comunes encontramos los sonoros y luminosos (Anónimo, 2011).

Los avisadores sonoros informan al usuario mediante un chirrido producido por el contacto de un pequeño fleje localizado en los laterales del soporte contra el disco. El ruido se produce cuando el espesor de la pastilla es de 2 mm.

Los avisadores luminosos están conformados por un cable conductor con una cabeza de polímero. Cuando este cabezal ubicado a 3 mm del espesor de la pastilla llega a tener contacto con el disco, el material es desprendido dejando en contacto al cable con el disco, haciendo masa y cerrando el circuito, produciendo así que en el tablero se encienda un testigo informando el cambio de las pastillas (Anónimo, 2011).



Figura 1.32: Pastilla con avisador luminoso
Fuente: Tamayo L.

1.8.3. FABRICACIÓN

La fabricación de las pastillas de freno es un proceso estandarizado, aunque existen variables en el proceso dependiendo de cada fabricante y en especial del material que lo va a componer, en si el proceso va a tener la siguiente base de pasos a llevar :

1.8.3.1. *Proceso de mezclado*

En este paso se cumple la función de unir y mezclar todos los componentes que van a formar parte de la pastilla de freno de una forma homogénea. Hay que tener en cuenta que el factor primordial en este proceso es el tiempo que debe estar cada material en el mezclador estandarizado por el tipo de fibras que se va a mezclar, ya que cada fibra tiene un tiempo estimado en el cual se va a lograr su longitud máxima y a posteriori una reducción de las fibras evitando que logre cumplir su función. El mezclador posee un eje central el cual gira los componentes, y posee otro eje con dos cuchillas que es el que homogeniza la mezcla (Anónimo, 2011).

1.8.3.2. *Prensado en caliente*

Proceso encargado de aglutinar los componentes, es decir, formar una masa homogénea con resina, a raíz de la presión que se va a ejercer vamos a lograr reducir el volumen de la misma y con la elevada temperatura se logra que la resina se funda y fluya por todo el material uniendo así los componentes. El soporte de la pastilla de freno es aquí donde es pegada al material de fricción debido a que la resina con la que se juntan estos elementos necesita temperatura para su fijación y también porque los orificios pasantes en el soporte es donde debe alojar el material de fricción para lograr una fijación completa. El tiempo aproximado de este proceso es de 10 a 12 minutos acorde las fibras que se hayan utilizado (Anónimo, 2011).

1.8.3.3. *Curado*

Es el proceso en el cual se realiza la polimerización de las resinas consiguiendo una compactación del material y va eliminando el contenido de volátiles que todavía existe. En este proceso se establecen dos parámetros, la temperatura y el tiempo, las pastillas pasan por ciclos conforme varia la temperatura en un determinado tiempo establecido para cada ciclo (Anónimo, 2011).

1.8.3.4. *Escorchado*

Esta es la última fase donde se busca eliminar materiales orgánicos que aún persisten en la pastilla de freno mientras que la resina se grafitiza, para ello el material de fricción es sometido a temperaturas de 500°C o superiores gracias a la ayuda de una llama o de una placa caliente (Anónimo, 2011).

1.8.3.5. MECANIZADO

En esta etapa lo que se hace es el definir y adaptar las dimensiones que tendrán cada una de ellas de acuerdo a su aplicación final, se las rectifican para obtener el espesor de material de fricción requerido (Anónimo, 2011).

1.8.3.6. PUESTA DE ACCESORIOS

Se incorpora a las pastillas de freno todos los elementos o accesorios para su finalización como muelles, avisadores de desgaste, etc. (Anónimo, 2011).

1.8.3.7. MARCADO Y ESTUCHADO

Se finaliza con la marcación designada acorde la estandarización y son empacadas para poderlas distribuir y venderlas (Anónimo, 2011).

1.8.4. Composición

La composición de las pastillas de freno viene dada por cuatro grupos de materiales, las proporciones de cada una de ellas va acorde a la función o aplicación y al coeficiente de adherencia para los frenos de estacionamiento, es decir, un las pastillas de un vehículo pesado no van a tener la misma composición que las pastillas de un vehículo pequeño

Tabla 1.4: Composición de las pastillas de freno

Grupo de materiales	Materiales	% en vol.
Metales	Lana de acero Polvo de cobre	14
Sustancias de relleno	Oxido de aluminio Polvo de mica Espato pesado Oxido ferroso	23
Antigripantes	Sulfuro de antimonio Grafito Polvo de coque	35
Componentes orgánicos	Fibra de aramida Polvo de relleno de resina Resina aglutinante	28

Fuente: Manual Técnico de la Pastilla de Freno

La composición exacta de las pastillas de frenos es un secreto guardado por cada fabricante. En la actualidad la base general de componentes se encuentra enfocada en los siguientes grupos:

1.8.4.1. FIBRAS

Cumple la función de unir a los demás elementos, trabaja como un aglutinante existiendo dos tipos las sintéticas y las minerales. Para las pastillas de freno se utilizan: fibras de vidrio, fibras de aramida, lana de roca, etc. (Anónimo, 2011).

1.8.4.2. CARGAS MINERALES

Son los que entregan al material resistencia tanto a la abrasión como a la cortadura dando una consistencia mecánica, también cumple con la función de elevar la resistencia a altas temperaturas. Entre los elementos que destacan están:: barita, magnesita, talco, mica, carbonato, feldespatos, etc. (Anónimo, 2011).

1.8.4.3. COMPONENTES METÁLICOS

Buscan la homogenización del coeficiente de rozamiento y la transferencia de calor de la pastilla de freno mediante la adición de viruta o polvo de alguno de estos elementos: latón, cobre, bronce, etc. (Anónimo, 2011).

1.8.4.4. LUBRICANTES O MODIFICADORES DE COEFICIENTE

Cumplen la misión de hacer variar el coeficiente de rozamiento, dependiendo de la temperatura a la que se encuentre trabajando, al igual que los componentes metálicos son agregados en forma de polvo tales como grafitos, coques, sulfuros, antracitas, etc. (Anónimo, 2011).

1.8.4.5. MATERIALES ORGÁNICOS

Al momento de llegar a la temperatura adecuada fluyen y unen el resto de componentes por lo que es la encargada de unir los demás componentes. Los más utilizados son las resinas fenólicas termoendurecibles, algunos tipos de cauchos, ceras, aceites (Anónimo, 2011).

1.8.4.6. ABRASIVOS

Es prácticamente la capa intermedia la cual entra en contacto con el disco enfocado en elevar el coeficiente de rozamiento y limpiar la superficie del disco (Anónimo, 2011).

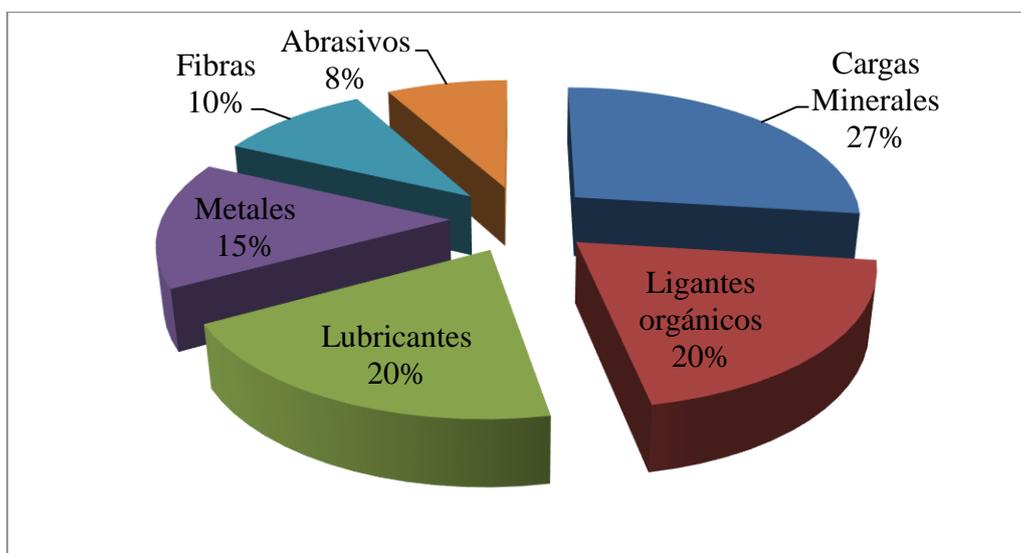


Figura 1.33: Composición de las pastillas de freno
Fuente: Tamayo L.

CAPÍTULO II

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.1. NORMATIVAS DE SEGURIDAD

Se ha estudiado algunas de las normas Europeas las cuales tienen relación y se acogen a la regulación internacional ECE 13H, enfocándose en la seguridad del vehículo y en los sistemas de seguridad que posee.

2.1.1. EURO NCAP

Más conocida como Programa Europeo de Evaluación de Automóviles Nuevos es un programa que tiene como fin dar valoración a los vehículos en cuanto la seguridad que poseen, con un sistema de valoración de 5 estrellas tomando en cuenta los parámetros que se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Valoración de la EURO NCAP

	Seguridad de 5 estrellas: Buen rendimiento general de protección en caso de colisión. Bien equipado con tecnología sólida de prevención de colisiones.
	Seguridad de 4 estrellas: Buen rendimiento general de protección en caso de colisión; posible presencia de tecnología de prevención de colisiones.
	Seguridad de 3 estrellas: Buena protección de ocupantes en general pero falta de tecnología de prevención de colisiones.
	Seguridad de 2 estrellas: Protección ante colisiones nominales pero falta de tecnología de prevención de colisiones.
	Seguridad de 1 estrella: Protección contra colisiones mínima.

Fuente: EURO NCAP

Esta clasificación se halla basada en el comportamiento que tiene el vehículo en pruebas de impacto una frontal y dos laterales, la prueba frontal es realizada a una velocidad de 64 km/h contra una barrera deformable, la primera prueba lateral es a una velocidad de 50 km/h contra una barrera móvil y la segunda prueba lateral enfocada en medir la protección de la cabeza del conductor es realizada a 29 km/h contra un poste de 25.4 cm de diámetro; tal como se muestra en la Figura 2.1.

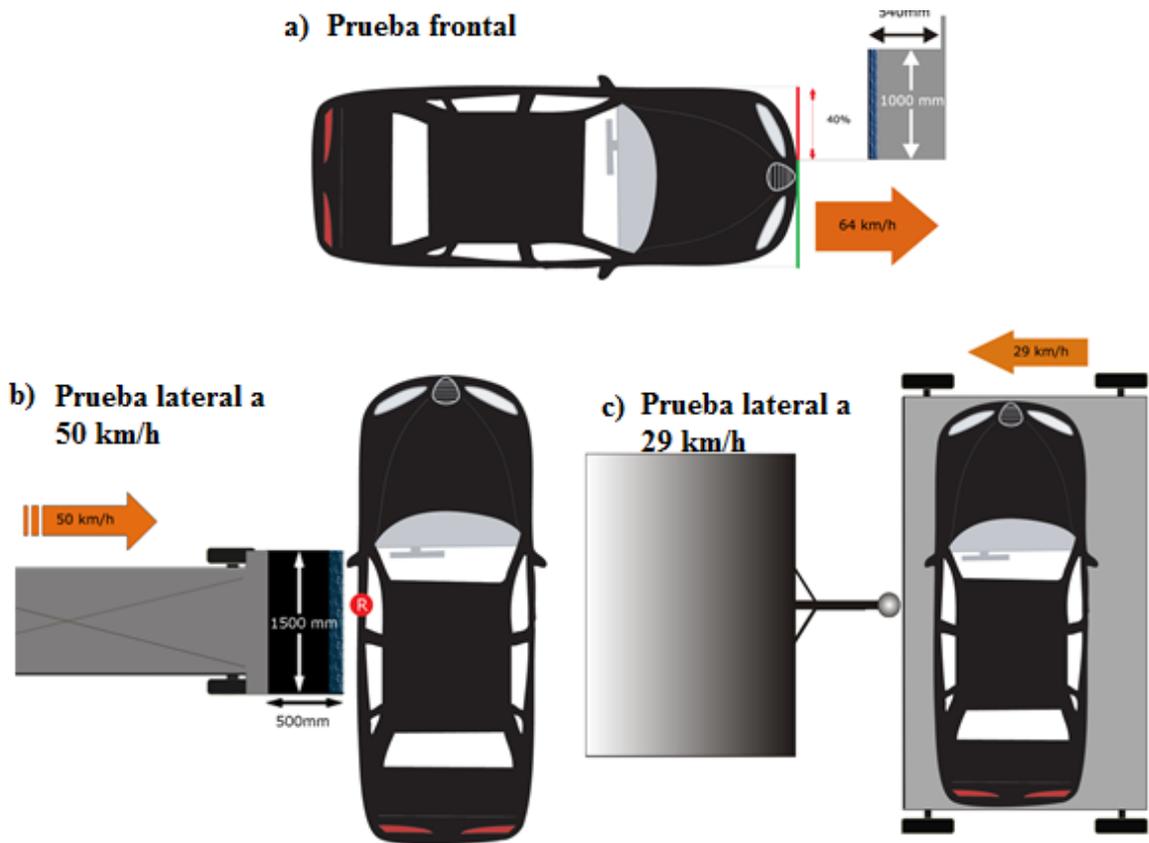


Figura 2.1: Pruebas de impacto realizadas por la EURO NCAP
Fuente: EURO NCAP

2.1.2. ISOFIX

ISOFIX es un sistema de anclaje para sillas de seguridad para niños estandarizado por las Normas ISO en este caso la ISO 13216 y que son homologados según el reglamento ECE R44, en la que se definen puntos de anclaje estándares para ser ubicados en los

vehículos y así permite que exista una manera más rápida y segura de montar las sillas de seguridad para niños.

2.1.3. NORMATIVA EURO

Las Normativas EURO son un conjunto de requisitos con los cuales se regula las emisiones de gases contaminantes de los vehículos que son vendidos en los países miembros de la Unión Europea, esta norma se enfoca en las emisiones de Hidrocarburos (HC), Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Partículas por Millón (PM) poniendo un límite para cada una de ellas. Los vehículos que aprueben las Normas a partir de la fecha que son impuestas pueden ser vendidos en los países miembros, mientras que los que no aprueben se prohíbe su venta, los vehículos que ya se encuentran en circulación no son aplicados a la nueva norma. A continuación se observa en la Tabla 2.2 los gases de combustión con sus valores máximos de acuerdo a la Normativa Euro.

Tabla 2.2: Normas europeas sobre emisiones para vehículos a gasolina M1 en (g/km)

NORMATIVA	HC	CO	NOx	HC + NOx	PM
Euro I	-	2,72	-	97	-
Euro II	-	2,2	-	5	-
Euro III	0,2	2,3	1,15	-	-
Euro IV	0,1	1	0,08	-	-
Euro V	0,1	1	0,06	-	0,005*
Euro VI	0,1	1	0,06	-	0,005*
(*) Solo para vehículos gasolina de mezcla pobre, de inyección directa.					

Fuente: EURO

2.2. SELECCIÓN DEL VEHICULO

Para la selección adecuada del vehículo en el cual se van a realizar las pruebas prácticas se han tomado en cuenta varios parámetros enfocados a la Norma INEN 034 que a su vez se acoge a la regulación internacional ECE 13H, al enfocarse éste en la seguridad

del vehículo también se fija en ciertos programas y normas europeas, las cuales son tomadas en cuenta para la selección del vehículo.

Con un 41% Pichincha y con un 27% Guayas son las provincias que más vehículos comercializaron el 2014 de un total de 120.060 vehículos nuevos, específicamente para la selección del vehículo se toma en cuenta el tipo de vehículo más comercializado en la provincia de Pichincha como se muestra en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3: Venta de vehículos por segmento

PICHINCHA	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
AUTOMÓVILES	16342	18326	14530	22938	24169	19991	17654	18893
CAMIONETAS	8303	11415	8958	9863	9894	9496	8772	9074
SUV'S	10004	10726	11373	15160	14149	12843	12843	14782
VAN'S	926	1160	879	1489	2163	1852	2262	1831
CAMIONES	3130	4775	3219	3536	3911	4301	4511	4620
BUSES	605	545	444	408	619	437	436	502
TOTAL	39310	46947	39403	53394	54905	48920	46478	49702

Fuente: AEADE

En la Figura 2.2 se puede observar como el tipo de vehículos automóviles supera en gran cantidad al segmento suv's, seguido de camionetas, camiones, van's y por último el segmento buses, por lo que el vehículo a escoger para las prácticas será un automóvil.

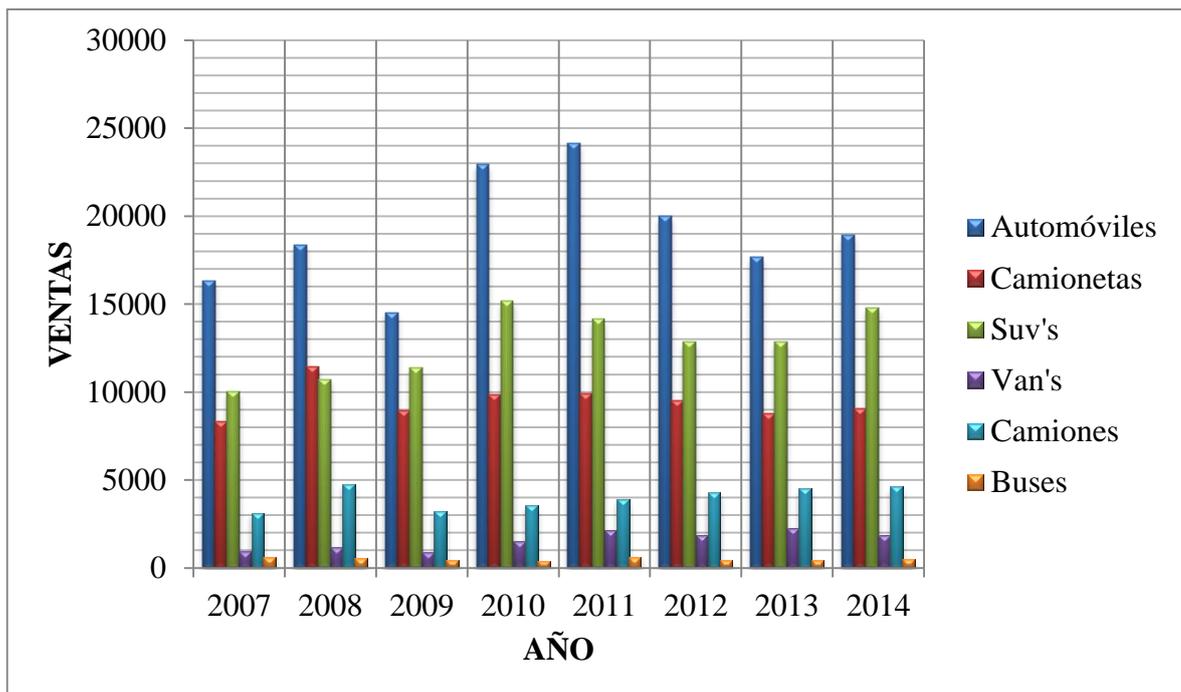


Figura 2.2: Venta de tipos de vehículos en Pichincha
Fuente: AEADE

Existe una diferencia muy marcada en cuanto los tipos de vehículos utilizados en Pichincha siendo ganador con un 38% los automóviles, seguido con un 30% las camionetas, de un total de 49.702 vehículos vendidos en esta provincia.

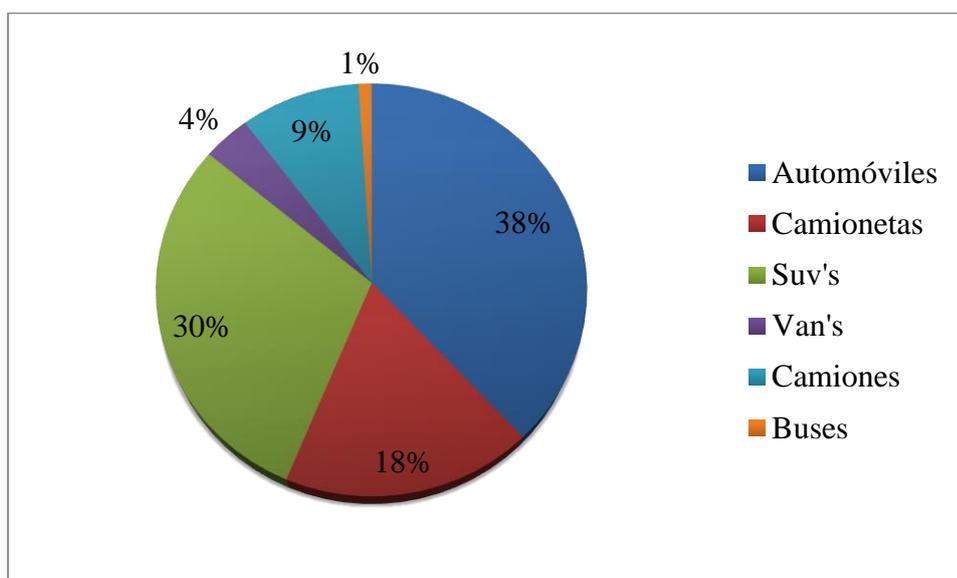


Figura 2.3: Porcentaje del tipo de vehículos en Pichincha
Fuente: AEADE

Con lo concerniente a vehículos ligeros, es decir, automóviles se puede observar en la Tabla 2.4 que han sufrido una notable reducción en cuanto a las Ventas desde el año 2012 al 2015, un notable ejemplo en el periodo Enero – Octubre 2015 se tiene una reducción del -32% en cuanto a las ventas generadas en el mismo periodo año 2014.

Tabla 2.4: Venta de vehículos livianos

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre
2012	9376	9206	9334	9408	10198	10549	9673	8867	7506	8000
2013	8217	7366	8232	8727	9060	8541	8984	8202	8206	8308
2014	8331	7776	8071	8852	9161	8109	8710	8518	9233	9933
2015	7252	6634	7817	6605	6036	6025	5916	5565	5263	4959

Fuente: AEADE

En la figura 2.4 se muestra la notable reducción en Ventas de vehículos ligeros comparando los meses de años atrás, esto demuestra que los diferentes tipos de Impuestos y salvaguardias han reducido la compra de los mismos.

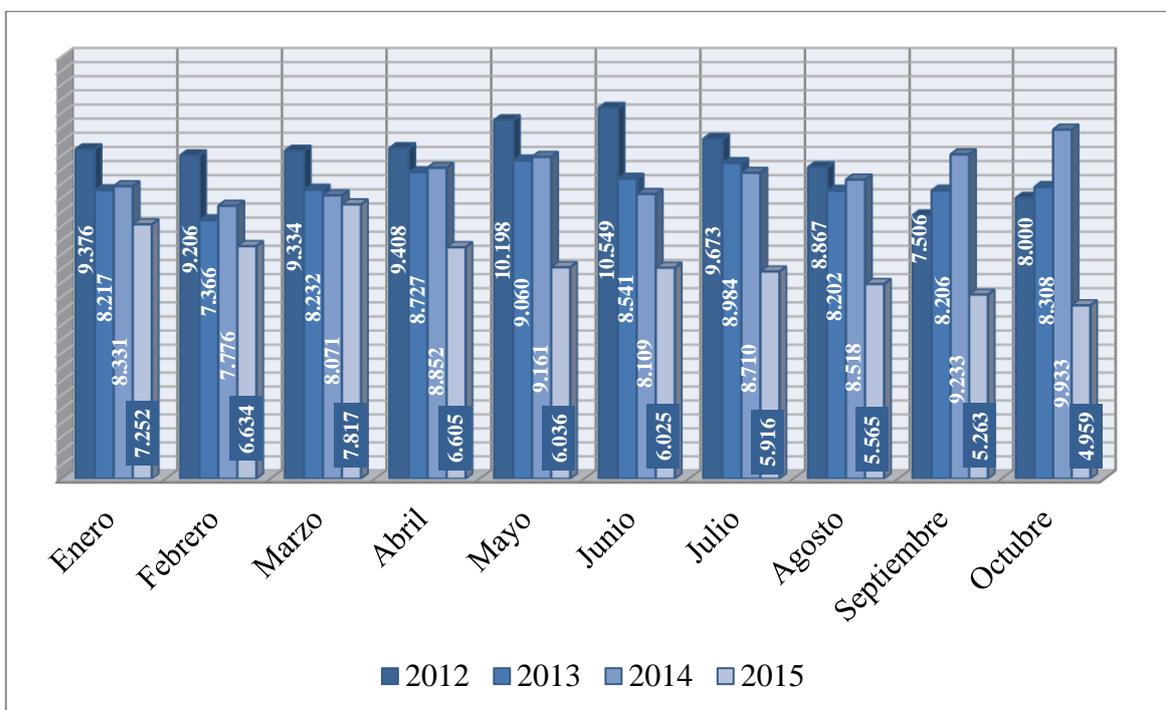


Figura 2.4: Venta mensual de vehículos livianos

Fuente: AEADE

Debido a que las normas tomadas en cuenta son Europeas se procedió a recopilar cifras de Ventas de Vehículos Europeos en el Ecuador, entre los que se decidió tomar a 4 marcas que son Citroen, Peugeot, Renault y Volkswagen, siendo Renault la marca ganadora en Ventas en el Ecuador como se muestra en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5: Participación en el mercado de las marcas preseleccionadas

		CITROEN	PEUGEOT	RENAULT	VOLKSWAGEN
2008	TOTAL	233	812	2722	1310
	PARTICIPACIÓN	0,21%	0,72%	2,42%	1,16%
2009	TOTAL	132	418	1802	1739
	PARTICIPACIÓN	0,14%	0,45%	1,94%	1,87%
2010	TOTAL	115	238	5005	2603
	PARTICIPACIÓN	0,09%	0,18%	3,79%	1,97%
2011	TOTAL	137	349	5441	3590
	PARTICIPACIÓN	0,10%	0,25%	3,89%	2,57%
2012	TOTAL	178	241	2685	2969
	PARTICIPACIÓN	0,15%	0,20%	2,21%	2,44%
2013	TOTAL	184	162	2533	1846
	PARTICIPACIÓN	0,16%	0,14%	2,23%	1,62%
2014	TOTAL	453	184	2587	1942
	PARTICIPACIÓN	0,38%	0,15%	2,15%	1,62%
TOTAL VENTAS		1432	2404	22775	15999

Fuente: AEADE

La marca Renault tiene una amplia ventaja sobre las marcas antes mencionadas con un porcentaje total de ventas en comparación con ellas de un 53.44%, dejando atrás a Volkswagen con un 37.54% y una amplia ventaja a la gama Peugeot y Citroen como se observa en la Figura 2.5.

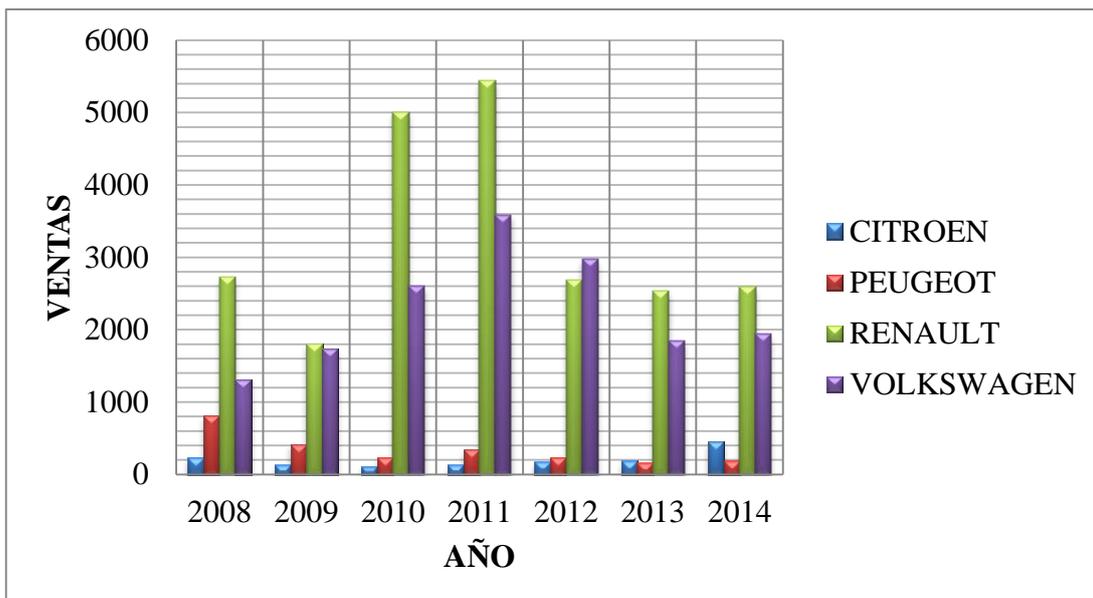


Figura 2.5: Ventas vehículos de las marcas preseleccionadas
Fuente: AEADE

De la marca Renault se ha procedido a la selección del modelo del vehículo enfocado en el mayor número de Ventas y en el precio como se observa en la Tabla 2.6 teniendo a la gama de Renault Logan como los vehículos más accesibles para la familia ecuatoriana.

Tabla 2.6: Modelos y precios de los modelos Renault en Ecuador

MODELOS RENAULT	PRECIO
Logan Familier 1.4 SA	\$ 15.990,00
Logan Familier 1.4 AC	\$ 16.990,00
Logan Expression 1.6 SA	\$ 17.270,00
Logan Expression 1.6 AC	\$ 18.250,00
Logan Dynamique	\$ 19.990,00
Sandero Expression 1.6 AC	\$ 17.990,00
Sandero Dynamique 1.6	\$ 19.990,00
Duster Expression 1.6 CA 4x2 Manual	\$ 24.990,00
Duster Expression 2.0 CA 4x2 Manual	\$ 27.990,00
Duster Dynamique 2.0 CA 4x2 Automático	\$ 33.990,00
Duster Dynamique 2.0 CA 4x4 Manual	\$ 33.990,00

Fuente: Carburando

A continuación en la Tabla 2.7 se encuentra una breve comparación entre algunos ítems de los modelos Logan, seleccionando al vehículo Logan 1.4 Familier SA para la realización de las pruebas.

Tabla 2.7: Comparación de los modelos Renault Logan

	1.4 FAMILIER SA	1.4 FAMILIER AC	1.6 EXPRESSION SA	1.6 EXPRESSION AC	1.6 DYNAMIQUE
Cilindros	4	4	4	4	4
Cilindraje	1400 cc	1400 cc	1600 cc	1600 cc	1600 cc
Válvulas	8	8	8	8	8
Peso (kg)	1535	1535	1540	1540	1540
Llantas	185/65 R15	185/65 R15	185/65 R15	185/65 R15	185/65 R15
Precio	\$ 15.990	\$ 16.990	\$ 17.270	\$ 18.250	\$ 19.990

Fuente: Carburando

2.3. SELECCIÓN PASTILLAS DE FRENO

Para la toma de la decisión de las pastillas tanto alterna como extranjera se ha considerado la composición de la pastilla de freno original del vehículo Renault Logan Familier siendo ésta semi-metálica.



Figura 2.6: Pastillas Originales Renault Logan

Fuente: Tamayo L.

2.3.1. PASTILLA ALTERNA NACIONAL

La selección de la pastilla alterna nacional a utilizar se la hizo gracias a una encuesta realizada a distintos locales de ventas de repuestos como se puede observar en el ANEXO

XX, teniendo como absoluta ganadora de la encuesta a las pastillas de freno AB de la Empresa EGAR.



Figura 2.7: Pastilla Alternativa Nacional AB
Fuente: Tamayo L.

Las pastillas AB se encuentran producidas bajo la Norma Técnica Ecuatoriana INEN NTE 2:185 la cual se refiere a los materiales de fricción y bajo el Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2008, la Empresa EGAR es miembro del FMSI o más conocido como el Instituto de Material de Fricción Estándar y de la Asociación de Ingenieros Automotrices SAE.

Son pastillas semi- metálicas cuya formulación y especificaciones se muestran en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8: Especificaciones Técnicas Pastillas AB

Especificaciones	Formulación 811 con amianto	Formulación 821 sin amianto
Dureza Gogan - Norma SAE J379	24-27	25-28
Gravedad Específica - Norma SAE J380	1.97	3.00
Coefficiente de Fricción - Norma SAE J661	0.40/0.40 (FF)	0.33/0.33 (EE)

Fuente: EGAR

2.3.2. PASTILLA ALTERNA EXTRANJERA

Para la selección de la pastilla alterna extranjera se procedió además de la encuesta a locales de venta de repuestos, a dirigirse a un concesionario Renault, donde la pastilla de cambio que se utilizaba para el vehículo Renault Logan era justamente un pastilla alterna extranjera llamada KASHIMA.



Figura 2.8: Pastilla Alterna Extranjera Kashima Plus
Fuente: Tamayo L.

Kashima comienza sus ventas en 1993 a nivel internacional comercializando sus productos a 13 países de América Latina y el Caribe y en el 2005 con la alianza entre GRUPO empresa de distribución de repuestos de Panamá y FUJIMOTO CORP. OF JAPAN se procedió a la comercialización en toda América Latina y el Caribe a través de la Norma ISO/TS 16949 que es el Estándar Internacional de Sistemas de Gestión de Calidad de la Industria Automotriz. Kashima cumple con las normas SAE, VCA (agencia ejecutiva del Departamento del Reino Unido para el Transporte y la autoridad de aprobación nacional del Reino Unido para los nuevos vehículos), JIS (Estándares para la industria Japonesa), certificación de calidad de la VDA6.1 (Asociación de la Industria Automotriz Alemana).

Se escoge el subtipo Kashima Plus ya que su formulación es semi-metálica al igual que la pastilla alterna nacional escogida y la pastilla original.

CAPÍTULO III

3. NORMAS Y PARÁMETROS EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ

El gobierno del Ecuador en el mes de Enero del 2015 anunció una estrategia de seguridad vial la cual constará de cinco pilares cuyo propósito y motivo es reducir los accidentes de tránsito en el Ecuador ya que datos entregados por la Agencia Nacional de Tránsito demuestran que el 77% de los accidentes son ocasionados por los conductores.

Los cinco pilares se encuentran enmarcados en:

- Pilar 1: Gestión de la seguridad vial
- Pilar 2: Vías de tránsito y movilidad más segura
- Pilar 3: Vehículos más seguros
- Pilar 4: Usuarios de vías de tránsito más seguros
- Pilar 5: Respuesta tras los accidentes.

Esto debido a la elevada tasa de siniestros ocasionados por accidentes de tránsito registrados en el 2014 con un total de 38.658 personas fallecidas como lo registra la ANT. Cada pilar se halla enfocado en la prevención de accidentes, el pilar 1 concierne al fortalecimiento de la Comisión Nacional de Tránsito y el establecimiento de sistemas fedatarios que controlen el estado de los vehículos que circulan en el país; el pilar 2 busca la construcción de Centros de Apoyo Logístico de Transporte y la revisión de las carreteras que se encuentren en buen estado, el pilar 3 tiene la consigna de implementar y/o mejorar los sistemas tanto de seguridad pasiva como seguridad activa además de producir así una revisión técnica vehicular más estricta con respecto a parámetros de seguridad; el pilar 4 promueve capacitaciones de las leyes de tránsito, control en los terminales terrestres y una reformación de los requisitos para cada tipo de licencias; y el pilar 5 concierne a la

ubicación de grupos de rescate en ubicaciones estudiadas y el control de los límites de velocidad.

Estudios realizados por la ANT demuestran que los siniestros ocurridos en el periodo Enero-Noviembre del 2015 han reducido en un 8.66% con respecto al mismo periodo del 2014 como se muestra en la Figura 4.1.

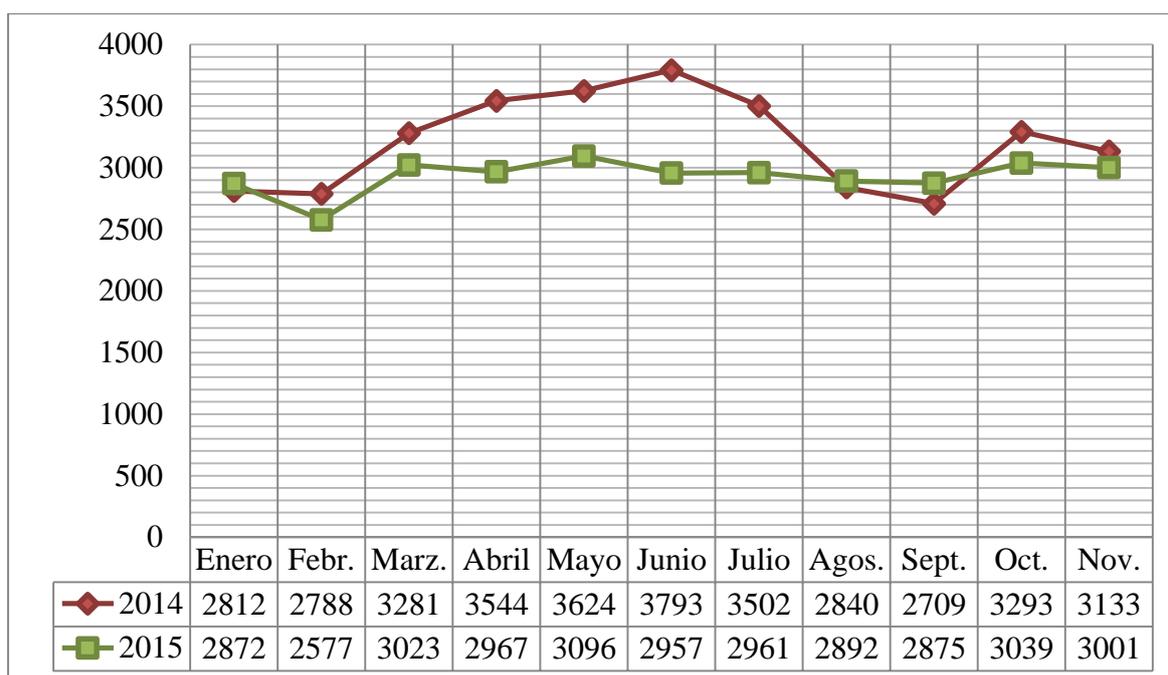


Figura 3.1: Siniestros 2014 vs 2015

Fuente: ANT

3.1. NORMA ECE 13-H PRESCRIPCIONES UNIFORMES RELATIVAS A LA HOMOLOGACIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE PASAJEROS CON RESPECTO AL FRENADO

La UNECE es la responsable de la existencia de la normativa ECE 13-H la cual es enfocada al frenado de vehículos de las categorías M₁ y N₁ a excepción de los vehículos diseñados para personas con discapacidades y vehículos que no superen los 25 km/h.

En el Anexo 3 de la Normativa ECE 13 H encontramos detalladamente las pruebas para medir el rendimiento de los sistemas de frenos con las condiciones que se debe tener

para una medición exacta, además de que en el documento en general muestra definiciones generales de todo lo concerniente al Sistema de Frenos y los requisitos para la homologación vehicular con las especificaciones que deben cumplir los vehículos.

En lo que concierne a la eficiencia del sistema de frenado para esta regulación se enfoca en la distancia de frenado y en la desaceleración media, por lo que el rendimiento del sistema de frenos se lo mide por la distancia de frenado y por la desaceleración que existe desde la velocidad inicial del vehículo; al hablar de la distancia de frenado se refiere al tramo recorrido por el vehículo desde el momento que el conductor acciona el mecanismo de frenos hasta que el vehículo se detenga totalmente tomando en cuenta que la velocidad a la que el vehículo debe llegar para el inicio del accionamiento de los frenos se encuentra preestablecida; mientras que la desaceleración media se la calcula como la desaceleración existente entre los intervalos v_b a v_e , con la formula mostrada a continuación:

$$d_m = \frac{v_b^2 - v_e^2}{25.92 (s_e - s_b)} \quad \text{Ec. [3.1]}$$

Dónde:

v_o = velocidad inicial del vehículo en km / h,

v_b = velocidad del vehículo en el 0,8 v_o en km / h,

v_e = velocidad del vehículo a 0,1 v_o en km / h,

s_b = distancia recorrida entre v_o y v_b en metros,

s_e = distancia recorrida entre v_o y v_e en metros.

Otro de los parámetros preestablecidos por la Regulación ECE 13H en el Anexo 3 nos dice que el ancho de la calzada debe ser mayor a 3.5 m y no debe tener un ángulo de guiñada mayor a los 15° ni vibraciones anormales e imperfecciones en la calzada.

Para la prueba de ensayo es necesaria la toma de temperaturas tanto ambientales como de la parte interior de la pastilla de frenos que puede ser tomada también en el disco del freno. Además para tener resultados que puedan ser comparables cada prueba se la repetirá 5 veces como mínimo tomando en cuenta las siguientes condiciones del vehículo:

- Presión de los neumáticos acorde lo que diga el fabricante
- Posición Transmisión: Motor desconectado
- Carga del vehículo: Peso establecido de ocupantes y equipos

Mientras que las condiciones y procedimientos de la prueba tendrán como condición:

- Temperatura inicial de la pastilla de frenos: 65° - 100°.
- Velocidad del ensayo: 50 km/h y 100 km/h.
- El enfriamiento de frenos se lo realizará antes de cada prueba hasta que alcance el rango de temperatura inicial establecido para la misma.
- La fuerza aplicada al pedal del freno será la de socorro y la distancia de frenado no superará el siguiente valor:

$$0,1 v + 0,0158 v^2 \text{ (m)}$$

Ec. [3.2]

- El número de repeticiones de las pruebas será de 5 siendo esta la mínima cantidad a realizarse, es decir, 5 pruebas a 100 km/h y 5 pruebas a 50 km/h.
- La superficie en la que se realiza la prueba debe ser asfaltada t con un buen coeficiente de adherencia.

Debido a que la norma ECE 13-H no muestra una manera de como calcular el centro de gravedad del vehículo se ha decidido calcularlo en base a un diagrama de cuerpo libre con las fuerzas que se hallan involucradas para despejar el centro de gravedad, como se muestra en la Figura 3.2 dando como resultado y de una manera más fácil el cálculo con la ecuación:

$$h = R + \cot \phi \cdot \left(\frac{F_f \cdot l}{P_g} - a_2 \right) \quad \text{Ec. [3.3]}$$

Donde

R = radio dinámico del neumático.

ϕ = ángulo de inclinación (el cual depende de la elevación a la que se exponga el eje delantero del vehículo). $(h - R) \sin \phi$

P_g = Peso del vehículo.

X = largo del vehículo.

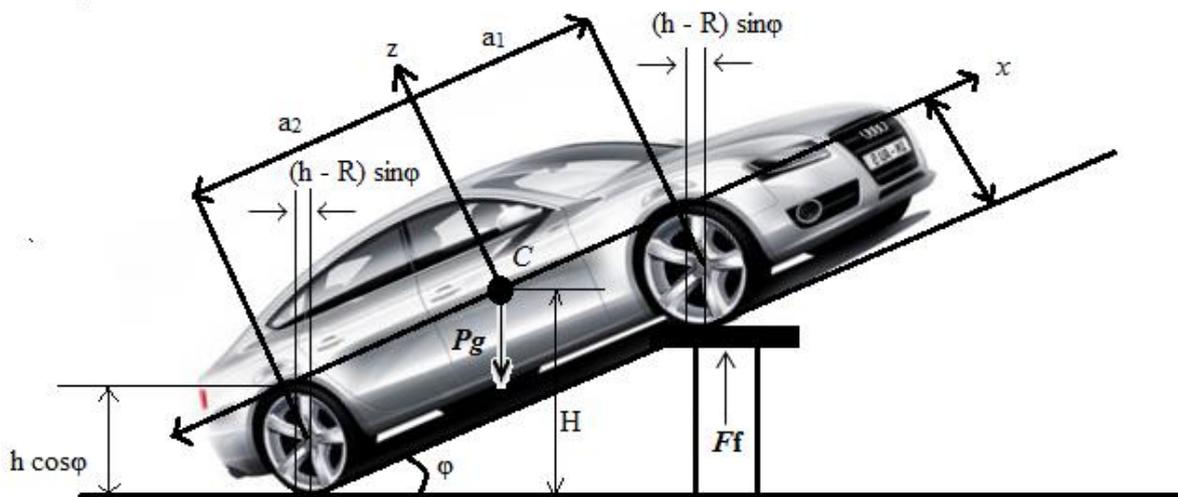


Figura 3.2: Diagrama de cuerpo libre para determinar la altura del centro de gravedad de un vehículo.

Fuente: Tamayo L.

Para tener con exactitud el rendimiento del sistema de frenos se utilizara los valores según el reglamento ECE 13H, con las condiciones indicadas en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1: Condiciones según Regulación ECE 13H

A)	Type-0 test con el motor desconectado	v s ≤ d _m ≥	100 km/h 0.1 v + 0.0060 v ² (m) 6.43 m/s ²
B)	Type-0 test con el motor conectado	v s ≤ d _m ≥	80% v _{max} ≤ 160 km/h 0.1 v + 0.0067 v ² (m) 5.76 m/s ²
		f	6.5 - 50 daN

Fuente: Regulación ECE 13H

Dónde:

v = velocidad en km/h

s = distancia de frenado en m

d_m = deceleración media plenamente desarrollada, en m/s²

f = fuerza aplicada al pedal en daN

v_{max} = velocidad máxima del vehículo en km/h

3.2. NORMA 49 CFR (CODE OF FEDERAL REGULATIONS) PART 571

ESTÁNDAR N° 135 SISTEMA DE FRENOS EN VEHÍCULOS LIGEROS

El evaluar el desempeño del sistema de frenos tanto en condiciones normales como en condiciones de emergencia o socorro es lo que busca la norma 49 CFR Parte 571 N° 135, entregando los requisitos necesarios para la realización de dichas pruebas con sus

respectivos procedimientos sea éste para el freno de servicio como para el freno de estacionamiento.

La normativa es aplicada para vehículos fabricados antes del mes de Septiembre del 2000 y cuyo peso no supere los 3.500 kg sean estos automóviles, camionetas y autobuses

Entre las especificaciones para la realización de las pruebas se tiene que el coeficiente de fricción como dice la norma ASTM E1136 debe ser igual a 0,9 medido según especificaciones dadas y con una carretera totalmente pavimentada y plana, sin poseer una inclinación o pendiente mayor al 1% y tener un ancho de la vía de 3.5 m.

Para la obtención de resultados exactos la norma se concentra en estandarizar y parametrizar ciertas variables, las cuales hacen que los valores obtenidos en las pruebas sean erróneos:

- Fuerza aplicada al pedal de freno
- Fuerza de frenado en cada rueda
- Desaceleración del vehículo
- Velocidad del vehículo
- Velocidad angular en cada rueda
- Presión de frenado en las líneas de fluido hidráulico del circuito de frenos

3.3. CONDICIONES PARA PRUEBAS DE FRENADO SEGÚN LAS NORMAS INTERNACIONALES

En la tabla 3.2 se encuentra cada una de las normas anteriormente mencionadas con las condiciones específicas a cumplir para la obtención de valores exactos en cuanto a la valorización de los sistemas de frenos mediante la Regulación 13-H, Norma 49 CFR Parte 571 N°135 y Norma 49 CFR Parte 571 N°105.

Tabla 3.2: Condiciones de cada una de las Normativas

MOTOR		
N°	49 CFR 571 N° 135	REGULACIÓN ECE 13-H
1	S6.3.9: La velocidad de marcha mínima y el tiempo de encendido es la recomendada por el fabricante.	Ninguna especificación al respecto.
SELECTOR DE MARCHAS DE LA TRANSMISIÓN		
2	S7.1.2: Se debe encontrar en la marcha correspondiente a la velocidad de la prueba.	La transmisión se encontrará en posición neutral según lo estipulado en el anexo 9.
TEMPERATURA AMBIENTE		
3	S6.1.1: La temperatura del ambiente debe oscilar entre 0°C a 40°C.	La temperatura del ambiente debe oscilar entre 0°C a 45°C, según lo estipulado en el anexo 9 capítulo 4.1.1.
APERTURA DEL VEHÍCULO		
4	S6.3.10: Todas las partes del vehículo tanto puertas, ventanas, ect., deben estar totalmente cerradas.	Ninguna especificación al respecto.
PESO DEL VEHÍCULO		
5	S6.3.1.1: El vehículo además del peso bruto GVWR deberá tener el depósito de combustible lleno al 100% de capacidad.	El anexo 9 determina que para cada prueba el vehículo debe contener como mínimo el 90% de la capacidad del tanque de gasolina lleno, con una carga entre ocupantes de 168 kg y entre los equipos para la recolección de datos un total máximo de 59 kg, sin llegar a exceder el peso bruto vehicular indicado por el fabricante.
PRESIÓN DE INFLADO DE LOS NEUMÁTICOS		
6	S6.3.8: La presión de inflado debe ser la recomendada por el fabricante del vehículo.	La presión de inflado debe ser la recomendada por el fabricante del vehículo como lo indica el capítulo 4.3.3.

Fuente: Tamayo L.

Continuación de la Tabla 3.2: Condiciones de cada una de las Normativas

VELOCIDAD DEL VIENTO		
7	Según el párrafo S6.1.2 la velocidad del viento no debe sobrepasar los 5 m/s.	El anexo 9 indica que la velocidad del viento no debe superar los 10 m/s para los vehículos con factor de estabilidad estático (Static Stability Factor SSF) $SSF > 1,25$ y cuando el $SSF < 1,25$ la velocidad no superara los 5 m/s.
COEFICIENTE DE ADHERENCIA DE LA SUPERFICIE DE PRUEBAS		
8	S6.2: la superficie en contacto debe tener un coeficiente de adherencia de 0,9 sin exceder una inclinación del 1% y como medida mínima para el ancho de la vía de 3,5 m.	Como lo establecido en su anexo 6 el coeficiente de adherencia será considerado satisfactorio siempre y cuando sea igual o mayor a 0,75.

Fuente: Tamayo L.

A continuación en la tabla 3.3 se muestra que las condiciones necesarias para el desarrollo de las pruebas son cumplidas acorde cada norma dentro de los valores establecidos.

Tabla 3.3: Cumplimiento de las condiciones para la realización de las pruebas

	NORMA		VALOR	PRUEBA
	49 CFR 135	ECE 13-H	-	-
Peso del vehículo	-	-	1762 kg	SI
Presión de inflado de los neumáticos	Recomendada por el fabricante	Recomendada por el fabricante	32 PSI delanteras, 32 PSI posteriores	SI
Selector de marchas de la transmisión	Marcha	Neutro	Neutro	SI
Apertura del vehículo	Sellado	n/s	Sellado	SI
Motor (rpm)	≤ 850	n/s	800	SI
Temperatura ambiente (°C)	$0 \leq 40$	$0 \leq 45$	23.6	SI
Velocidad del viento (m/s)	≤ 5	≤ 5	3.55	SI
Coeficiente de adherencia	$\leq 0,9$	$\geq 0,75$	0.8	SI

Fuente: Tamayo L.

3.4. PROCEDIMIENTO PARA LAS PRUEBAS DE FRENADO

Cada normativa y regulación internacional de la que se hablado en el subcapítulo 3.1 y 3.2 posee su propio procedimiento a realizar, el cual será descrito para la realización de las pruebas.

3.4.1. PROCEDIMIENTO DE LA NORMA 49 CFR ESTANDAR N° 135

Antes de realizar las pruebas descritas por la Norma se establece que el vehículo cumplirá con ciertas condiciones expuestas en su párrafo S6 y que el sistema de frenos se hallará en perfectas condiciones por lo que cualquier reparación o ajuste se lo hará antes de las pruebas.

- Temperatura inicial de los frenos: $\leq 100^{\circ}C$
- Velocidad de pruebas: 80 km/h
- Fuerza en el pedal: la necesaria para mantener una desaceleración constante
- Tasa de desaceleración: $3 m/s^2$
- Número de pruebas: 6
- Intervalo entre pruebas: tiempo necesario hasta que la temperatura de los frenos sea la de la primera prueba
- Aceleración: llegar a la velocidad de prueba y mantener la velocidad para luego activar el freno.

Para la determinación de la eficiencia del frenado del vehículo se usa la siguiente formula: $s \leq 0,1v + 0,0060v^2 [m]$, donde para la prueba la velocidad comenzará con múltiplos de 5 km/h hasta alcanzar la velocidad de 160 km/h.

3.4.2. PROCEDIMIENTO SEGÚN REGULACIÓN ECE 13-H

Para la Regulación ECE 13 H uno de sus requerimientos es que el vehículo no muestre ningún desperfecto sea este mecánico o eléctrico y que el desempeño del sistema de frenos no se encuentre menor al 80% de su eficiencia total.

Para medir la eficiencia del frenado se usa la siguiente formula: $s \leq 0,1v + 0,0060v^2 [m]$ tomando en cuenta que la desaceleración del vehículo deberá ser igual o mayor a $6,43 m/s^2$, todas las pruebas se las realiza con la transmisión en posición neutral y la carga del vehículo no excederá de la sumatoria de 168 kg entre los ocupantes y 59 kg de los equipos a utilizar.

Las distancias máximas serán las siguientes:

$$S_1 = 0.1 \cdot 50 \text{ km/h} + 0.0060 \cdot (50)^2 \text{ km/h} = 20 \text{ m}$$

$$S_2 = 0.1 \cdot 70 \text{ km/h} + 0.0060 \cdot (70)^2 \text{ km/h} = 36.4 \text{ m}$$

3.4.3. CONDICIONES DEL VEHÍCULO DE PRUEBAS

3.4.3.1. *Peso del vehículo*

El peso del vehículo cumplirá con las condiciones especificadas anteriormente donde el peso bruto del vehículo GVWR sin exceder los rangos establecidos incluyendo el peso del combustible, que se encontrará con un mínimo del 90% de su capacidad al inicio de las pruebas y por ningún motivo se realizarán las pruebas con menos del 75% de la capacidad del tanque.

Mientras que para las cargas adicionales establecidas se las colocará uniformemente para que el peso se distribuya sobre cada eje de manera más equilibrada.

3.4.3.2. *Reglaje de los frenos del vehículo*

Los sistemas de frenos tanto de servicio como de estacionamiento estarán en condiciones óptimas y tal cual son los recomendados por el fabricante del vehículo, tomando en cuenta que cualquier ajuste o calibración del mismo deberá realizarse antes de las pruebas.

El rango que deben cumplir los frenos, cuya temperatura será tomada de la parte interna de la pastilla de freno o del disco de freno será de 65°C - 100°C, en cada una de las pruebas de frenado. Según la Regulación ECE 13 H existe un procedimiento para el calentamiento de los frenos:

Acelerar el vehículo hasta lograr tener una velocidad de 65 *km/h* y posteriormente aplicar los frenos hasta que la velocidad sea de 15 *km/h*. Y se realizará este procedimiento hasta lograr obtener la temperatura inicial requerida para la realización de las pruebas.

3.4.3.3. *Motor*

El ralentí que tenga el motor y el avance del encendido será determinados por la ECU sin ningún tipo de alteración, se tomara en cuenta también el estado de filtros y bujías que sean correctos.

3.4.3.4. *Presión de inflado de las llantas*

La presión de inflado de las llantas será la recomendada por el fabricante del vehículo para la obtención de resultados exactos acorde un vehículo nuevo.

3.4.3.5. Seguridades del vehículo

Tanto puertas como ventanas se encontrarán totalmente cerradas cuando se realicen las pruebas de frenado, con la única excepción de que si un instrumento para la obtención de datos deba permanecer en ambiente externo al vehículo.

3.4.4. CONDICIONES AMBIENTALES

3.4.4.1. Temperatura ambiente

La temperatura del ambiente debe encontrarse entre los 0°C - 45°C.

3.4.4.2. Velocidad del viento

La velocidad del viento como se explicó en la Tabla 3.2 dependerá directamente del factor de estabilidad estático SFF. Donde el valor se lo consigue de acuerdo a la siguiente formula:

$$SSF = \frac{T}{2 \cdot h} \quad \text{Ec. [3.4]}$$

T: ancho de vía de pruebas

H: altura del centro de gravedad del vehículo.

3.4.5. CONDICIONES DE LA SUPERFICIE DE PRUEBAS

La vía donde se realizara las pruebas debe tener un mínimo de 3,5 km de longitud y un ancho mínimo de 3.5 m. La vía en cuestión no debe tener más del 1% de inclinación, es decir, debe estar nivelada y debe encontrarse en buen estado para que exista un coeficiente de adherencia adecuado

Para la determinación del coeficiente de adherencia, se determinan las variables anteriormente mencionadas en el subcapítulo 1.4.2.

Conocida cada condición en la Tabla 3.5 se muestra las condiciones ya establecidas para la realización de las pruebas en el vehículo RENAUL LOGAN FAMILIER 1.4:

Tabla 3.4: Condiciones establecidas para las pruebas de frenado

Ubicación del vehículo	Debe estar en medio de la vía mientras se realicen las pruebas de frenado.
Velocidad de pruebas (v)	Se realizaran 2 pruebas: a 50 km/h y a 70 km/h.
Distancia de frenado (s)	La distancia de frenado no debe exceder el valor arrojado por: $s \leq 0,1v + 0,0060v^2 [m]$
Desaceleración del vehículo (d_m)	$d_m \geq 6,43 m/s^2$
Fuerza en el pedal de freno	6,5 – 50 [daN]
Selector de cambios de la transmisión	Posición neutral
Número de pruebas	5 pruebas por cada velocidad y pastilla
Intervalo entre pruebas	El tiempo necesario hasta que los frenos alcancen la temperatura inicial.

Fuente: Regulación ECE 13-H

3.4.6. CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD DEL VEHÍCULO

Para la obtención del centro de gravedad se utilizan las formulas preestablecidas y los valores obtenidos mediante la ficha técnica del vehículo y gracias a pruebas realizadas.

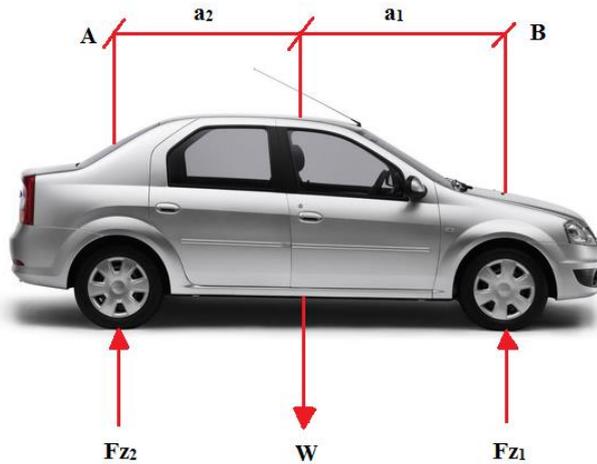


Figura 3.3: Diagrama de fuerzas
Fuente: Tamayo L.

De donde se conoce los siguientes valores:

$$F_{z1} = 650 \text{ kg}$$

$$F_{z2} = 440 \text{ kg}$$

$$l = 2.65 \text{ m}$$

$$\Sigma M_y = 0$$

$$-W (a_2) + F_{z1} (l) = 0 \quad \text{Ec. [3.5]}$$

$$a_2 = \frac{650 \text{ kg} (2.65 \text{ m})}{1090 \text{ kg}}$$

$$a_2 = 1.58 \text{ m}$$

De donde se puede obtener a_1 despejando ya que se conoce que la longitud entre los centros de los neumáticos es 2.65 m:

$$a_1 = 2.65 \text{ m} - 1.58 \text{ m}$$

$$a_1 = 1.07 \text{ m}$$

A continuación se utiliza la ecuación del centro de gravedad ya que se conocen todos los datos necesarios y se procede así a la obtención de la altura del centro de gravedad h .

$$h = R + \frac{a_1 \cdot F_{z1} - a_2 \cdot F_{z2}}{m \cdot g} \cot \theta \quad \text{Ec. [3.6]}$$

Dónde:

R = altura dinámica del neumático

Cot θ = Cotangente del ángulo de inclinación en el que se encuentra el vehículo (15°)

m = masa del vehículo



Figura 3.4: Ángulo de inclinación del vehículo (15°)

Fuente: Tamayo L.

$$h = 0.60 \text{ m} \cdot \frac{1.07 \text{ m} \cdot 650 \text{ kg} - 1.58 \text{ m} \cdot 440 \text{ kg}}{1090 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \cdot \cot 15^\circ$$

$$h = 0.6024 \text{ m}$$

Por lo que el centro de gravedad se encuentra a una distancia de 1.07 m desde el centro del neumático delantero hacia la parte posterior y a una altura de 0.6024 m desde el nivel del piso.



Figura 3.5: Centro de gravedad del vehículo

Fuente: Tamayo L.

CAPÍTULO IV

4. REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DE FRENADO

4.1. PREPARACIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE PRUEBA

A continuación se detalla la preparación del vehículo de prueba; como aspecto general, la operación del motor del vehículo de prueba, así como también las seguridades de puertas y ventanas.

4.1.1. ESTADO DE LOS NEUMÁTICOS

Los neumáticos que se utilizarán en las pruebas son con los que salió el vehículo de la casa automotriz, utilizando el mismo juego para cada una de las pruebas que se desarrollarán para que el coeficiente de adherencia sea el mismo en todos los casos. Como podemos observar en la Tabla 4.1 se muestra la marca y las medidas del neumático a usar en el vehículo de pruebas.

Tabla 4.1: Datos del neumático

VEHICULO	NEUMÁTICO	MEDIDAS
RENAULT LOGAN FAMILIER 1.4	MICHELLIN	185/65/R15

Fuente: Tamayo, L.

Acogiéndose a lo que estipula la regulación ECE 13H la profundidad del labrado no debe ser menor al 50% de la vida útil del neumático, por lo que se procede a tomar la medida del mismo ya que de esta característica del neumático y del tipo de labrado va acorde la adherencia del mismo se puede apreciar en la Figura 4.1 lo que denota que el neumático es totalmente nuevo.



Figura 4.1: Medición profundidad labrado de neumático (6 mm)
Fuente: Tamayo, L.

Como se observa en la Figura 4.2 se procede al inflado de los neumáticos acorde lo que dice la regulación ECE 13H determinando que la presión de inflado será la que el fabricante estipule.



Figura 4.2: Presión de inflado según el fabricante (32 PSI)
Fuente: Tamayo, L.

4.1.2. PESO DEL VEHÍCULO

Acorde a lo establecido en la Regulación ECE 13-H el peso del vehículo tendrá como mínimo el 90 % de la capacidad del tanque de combustible lleno, mientras que entre los ocupantes será una suma de 168kg y entre los equipos utilizados para las pruebas un total máximo de 59kg, a continuación en la Tabla 4.2 se encuentran los pesos y capacidades del vehículo de pruebas.

Tabla 4.2: Pesos y capacidades de vehículos

ITEM	RENAULT LOGAN FAMILIER
Peso al vacío (kg)	975
Peso Bruto Vehicular (kg)	1535
Capacidad del baúl máxima (lt)	510
Capacidad tanque de combustible (gal)	13

Fuente: Tamayo L.

Para conseguir los valores de la Norma se ha procedido a llevar además del conductor a un ocupante y un costal de arena obteniendo los valores que se observan en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3: Pesos utilizados para las pruebas

Conductor	74 kg
Ocupante	66 kg
Costal de arena	40 kg
Equipos	47 kg
TOTAL	227 kg

Fuente: Tamayo, L.

4.2. SELECCIÓN DE LA SUPERFICIE DE PRUEBAS

Datos entregados gracias al COOTAD y la Normativa Jurídica vigente que regula la vialidad en el Ecuador se puede establecer los km que posee el Ecuador en cuanto a la distribución tanto estatal como provincial y cantonal como se muestra en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4: Distribución de la red vial del Ecuador

RED VIAL DEL ECUADOR			
Red Estatal	Red Provincial	Red Cantonal	Total
8.653,56 km	12.476,61 km	22.539,55 km	43.669.72 km

Fuente: MOP, Subproceso de Planificación Institucional

La red vial Estatal está conformada por vías de primer y segundo orden que cuentan con una superficie asfaltada, en su gran mayoría con un total del 19,8% vías en el Ecuador, mientras que la red Cantonal que son vías de tercer orden tienen el 51,6% del total de la red vial.

Al tomar la decisión concerniente a la vía de pruebas se denota que existe un alto porcentaje de existencia de vías que son asfaltadas en el Ecuador.

4.2.1. VÍA CON SUPERFICIE ASFALTADA

La vía de pruebas seleccionada es la calle Agustín Guerrero y Francisco de Albornoz, localizada en el sector de Marianitas de Calderón con 2.720 m de altura, como se muestra en la Figura 4.3.

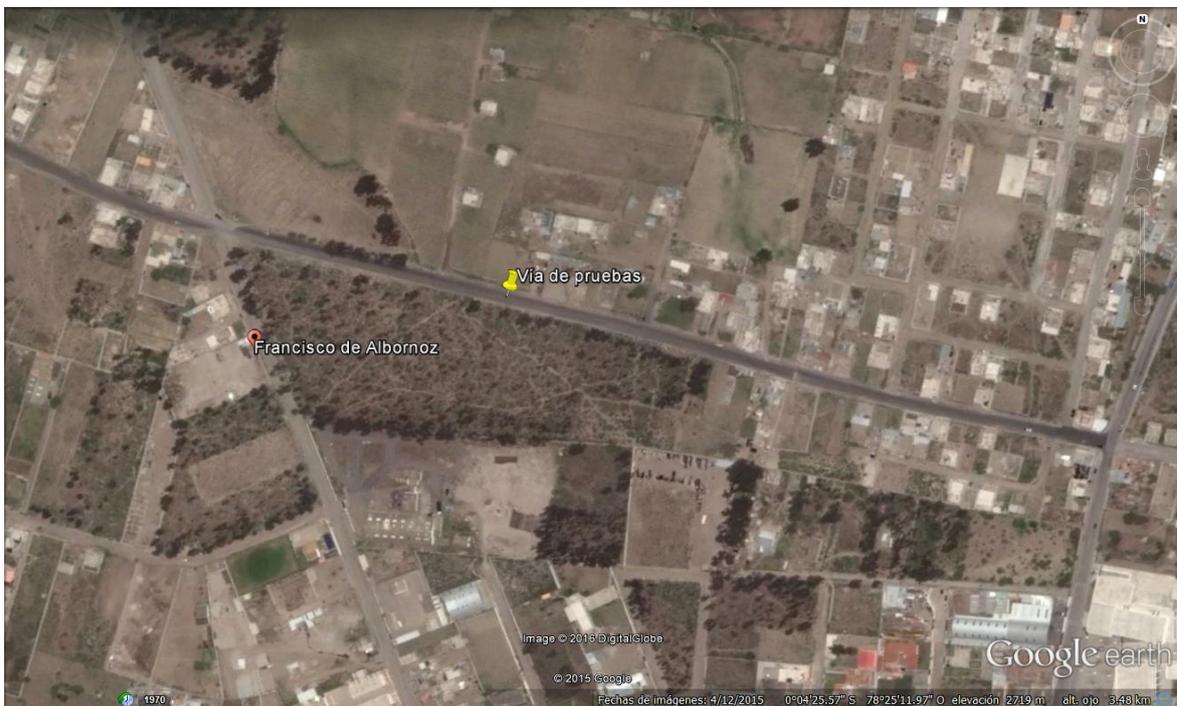


Figura 4.3: Ubicación de la vía con superficie asfaltada
Fuente: Google Earth.

De toda la extensión de la vía se decidió realizar las pruebas desde la intersección entre las calles Agustín Guerrero y Francisco de Albornoz por el buen estado en que se encontraba la vía como se observa en la Figura 4.4.



Figura 4.4: Vías de pruebas con superficie asfaltada
Fuente: Tamayo, L.

Las características que posee la vía en la que se realizara las practicas se encuentran detalladas en la Tabla 4.5, valores recopilados a lo largo de las pruebas de frenado.

Tabla 4.5: Condiciones físicas de la vía de pruebas asfaltada

Longitud de la vía de pruebas	Aprox. 700 metros
Longitud para la detención del vehículo de pruebas	Aprox. 100 metros
Ancho de la vía	Aprox. 9 metros
Pendiente longitudinal de la vía	0,03%
Pendiente transversal de la vía	0%

Fuente: Tamayo L.



Figura 4.5: Largo de la vía de pruebas con superficie asfaltada
Fuente: Tamayo L.

4.3. EQUIPOS A UTILIZAR

Para la obtención de ciertos valores que son necesarios para determinar el funcionamiento de los frenos se requirió de ciertos instrumentos nombrados a continuación:

- Acelerómetro
- Termómetro
- Anemómetro



Figura 4.6: Equipos utilizados para la recolección de datos
Fuente: Tamayo L.

4.4. PROCESO DE FRENADO

4.4.1. FUERZAS

- Fuerza de accionamiento F_c : Es la fuerza que se ejerce sobre el elemento de accionamiento.
- Fuerza de apriete F_s : Es la fuerza total ejercida entre las pastillas de frenos con el freno (tambor, disco, etc.) y por el roce que existe se da la fuerza de frenado.
- Par de frenado: Resultado entre la multiplicación de la fuerza de rozamiento por la distancia desde el eje de giro de la rueda hasta donde se aplica estas fuerzas.
- Fuerza total de frenado F_f : Es la sumatoria entre la fuerza de frenado individual producida en cada rueda del vehículo que son opuestas a la dirección donde el vehículo se desplaza.
- Distribución de la fuerza de frenado: Relación entre la fuerza de frenado de cada eje con la fuerza total de frenado.
- Valor característico del freno C^* : Es la relación existente entre la fuerza tangencial total y la fuerza de apriete de cada freno.

$$C^* = \frac{F_u}{F_s} \quad \text{Ec. [4.1]}$$

- Momento de inercia: Momento producido a raíz de la dinámica de movimiento de las ruedas.
- Momento de guiñada: Movimiento producido sobre el eje vertical.
- Ángulo de cabeceo: Movimiento producido sobre el eje transversal.
- Ángulo de balanceo: Movimiento producido sobre el eje longitudinal.

4.4.2. TIEMPOS

- Tiempo de reacción t_0 : Tiempo desde que se da la reacción hasta que el dispositivo de accionamiento comienza su activación.
- Tiempo de movimiento del dispositivo de accionamiento: Es el tiempo que transcurre desde que inicia la fuerza sobre el elemento de accionamiento hasta que éste llega su punto final, dependiendo de la fuerza y el desplazamiento de accionamiento.
- Tiempo de respuesta $t_1 - t_0$: Lapso desde que existe la fuerza sobre el elemento de accionamiento hasta el inicio de la fuerza de frenado.
- Tiempo umbral $t_1' - t_1$: Tiempo desde que se da la fuerza de frenado hasta que llega al 75% del valor de presión en el cilindro de freno (según Norma UE71/320 CEE III/2.4).
- Tiempo de respuesta y tiempo de umbral: Esta sumatoria de tiempos es necesario para conocer cómo se comporta en cuanto a tiempo el sistema de frenado.
- Tiempo de frenado activo $t_4 - t_1$: Lapso de tiempo desde que empieza a actuar la fuerza de frenado hasta que esta desaparece.

- Tiempo de suelta de freno: Tiempo que transcurre a partir de que entra en movimiento el dispositivo de freno al soltarlo hasta que desaparezca la fuerza de frenado.
- Tiempo de frenado $t_4 - t_0$: Tiempo a partir de que inicia la fuerza de frenado en el dispositivo de accionamiento hasta su total desaparición.
- Distancia de frenado s : Es la distancia recorrida por el vehículo en el tiempo de frenado.
- Trabajo de frenado W : Integral de la multiplicación entre la fuerza de frenado momentánea F_f y el elemento de la distancia de frenado ds , mediante la distancia de frenado s .

$$W = \int_0^s F_f \cdot ds \quad \text{Ec. [4.2]}$$

- Potencia de frenado momentánea P : Es la resultante entre la multiplicación de la fuerza de frenado total momentánea F_t y la velocidad a la que va el vehículo v .

$$P = F_f \cdot v \quad \text{Ec. [4.3]}$$

- Desaceleración de frenado: Es la disminución de la velocidad del vehículo por la acción del sistema de frenos en un tiempo t , diferenciando:

$$\text{Desaceleración Momentánea:} \quad a = \frac{dv}{dt} \quad \text{Ec. [4.4]}$$

Desaceleración media en un periodo definido de tiempo t_B y t_E :

$$a_{mt} = \frac{1}{t_E - t_B} \cdot \int_{t_B}^{t_E} a(t) \cdot dt \quad \text{Ec. [4.5]}$$

Con lo que se obtiene:

$$a_{mt} = \frac{v_E - v_B}{t_E - t_B} \quad \text{Ec. [4.6]}$$

Tomando en cuenta que v_B y v_E son las velocidades en los tiempos t_B y t_E , respectivamente.

Desaceleración media en un trayecto s_B y s_E :

$$a_{ms} = \frac{1}{s_E - s_B} \cdot \int_{s_B}^{s_E} a(s) ds \quad \text{Ec. [4.7]}$$

Con lo que se obtiene:

$$a_{ms} = \frac{v_E^2 - v_B^2}{2 \cdot (s_E - s_B)} \quad \text{Ec. [4.8]}$$

Desaceleración media hasta la detención del vehículo, donde v_0 viene definida por el tiempo v_0 :

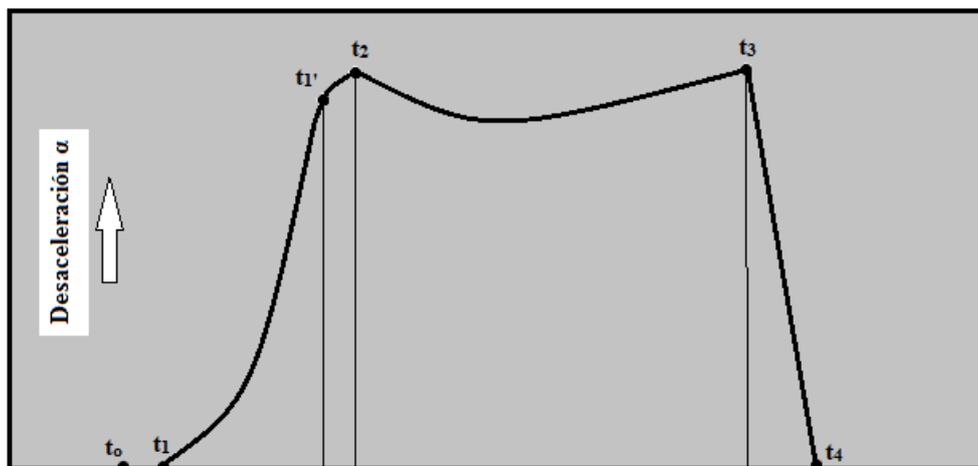
$$a_{ms0} = \frac{-v_0^2}{2 \cdot s_0} \quad \text{Ec. [4.9]}$$

Desaceleración media total d_m es la desaceleración en un trayecto con la condición que $v_B = 0.8 \cdot v_0$ y $v_E = 0.1 \cdot v_0$:

$$d_m = \frac{v_B^2 - v_E^2}{2 \cdot (s_E - s_B)} \quad \text{Ec. [4.10]}$$

- Frenado z : Es la relación existente entre F_f que es la fuerza total de frenado y el peso estático del vehículo G_s sobre el o los ejes del mismo:

$$z = \frac{F_f}{G_s} \quad \text{Ec. [4.11]}$$



Antes de t_0 Tiempo de reacción

t_0 Comienzo del efecto de la fuerza en el dispositivo de accionamiento

t_1 Comienzo de la desaceleración

t_1' Fin del tiempo umbral

t_2 Desaceleración completamente formada

t_3 Fin de la desaceleración completa

t_4 Fin del frenado (estado de reposo del vehículo)

$t_1 - t_0$ Tiempo de respuesta

$t_1' - t_1$ Tiempo de umbral

$t_3 - t_2$ Área de la desaceleración total media

$t_4 - t_1$ Tiempo del efecto de frenado

$t_4 - t_0$ Tiempo de frenado

Figura 4.7: Tiempos y desaceleración durante un frenado hasta el reposo del vehículo

Fuente: Tamayo L.

4.5. PRUEBAS REALIZADAS A 50 KM/H Y 70 KM/H

Previo a la realización de las pruebas se muestra a continuación en la Figura 4.8 un diagrama de flujo pertinente a las condiciones que la Regulación ECE 13 H exige. Y con el conocimiento de los valores permisibles para la realización de cada una de las pruebas se procede a la toma y registro de datos tanto para las pastillas Nacionales, Extranjeras y Originales como se muestra en las Tablas 4.6, 4.7 y 4.8, respectivamente.

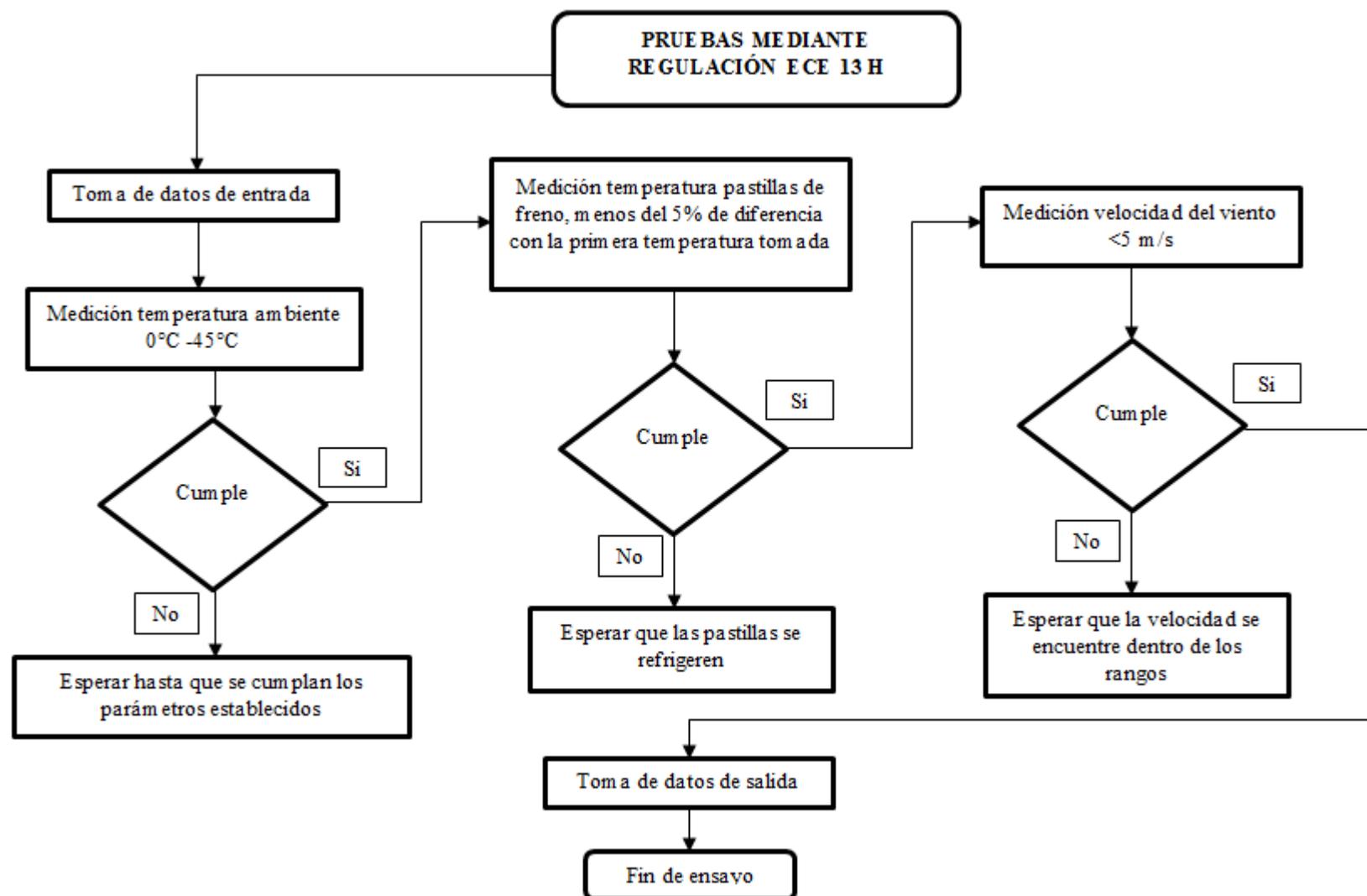


Figura 4.8: Diagrama de flujo del ensayo según la Regulación ECE 13H
Fuente: Tamayo L.

Tabla 4.6: Recolección de datos de las Pastillas Nacionales a 50 km/h

PRUEBA	TEMP. AMBIENTE (°C)	TEMP. INICIAL (°C)			VELOCIDAD VIENTO (m/s)	DISTANCIA FRENADO (m)	TEMP. FINAL (°C)		
		LEFT	RIGHT	MEDIA			LEFT	RIGHT	MEDIA
1	27,7	70,4	84,3	77,35	4,84	6,95	70,9	85,6	78,25
2	26,8	67,2	76,3	71,75	1,79	6,73	67,9	77,5	72,7
3	22,7	60,5	68,9	64,7	2,00	6,85	64,6	69,3	66,95
4	20,8	62,5	64,3	63,4	4,98	6,3	63,3	67	65,15
5	21,9	62,4	65,4	63,9	2,47	6,96	65,8	67,3	66,55

Fuente: Tamayo L.

Tabla 4.7: Recolección de datos de las Pastillas Extranjeras a 50 km/h

PRUEBA	TEMP. AMBIENTE (°C)	TEMP. INICIAL			VELOCIDAD VIENTO (m/s)	DISTANCIA FRENADO (m)	TEMP. FINAL (°C)		
		LEFT	RIGHT	MEDIA			LEFT	RIGHT	MEDIA
1	29,5	66,2	69,5	67,85	5,00	5,4	68,8	71,2	70
2	22,5	64,8	72,1	68,45	4,78	5,3	69,2	73,5	71,35
3	21,5	61,5	67,1	64,3	4,43	6	61,7	67,9	64,8
4	21,7	60,1	67,4	63,75	5,00	6,24	61,5	68,5	65
5	21,4	61,7	66,7	64,2	3,99	6,04	66,1	68,9	67,5

Fuente: Tamayo L.

Tabla 4.8: Recolección de datos de las Pastillas Originales a 50 km/h

PRUEBA	TEMP. AMBIENTE (°C)	TEMP. INICIAL (°C)			VELOCIDAD VIENTO (m/s)	DISTANCIA FRENADO (m)	TEMP. FINAL (°C)		
		LEFT	RIGHT	MEDIA			LEFT	RIGHT	MEDIA
1	15,6	62,3	65,2	63,75	4,98	6,95	62,5	66	64,25
2	17,7	61	61,3	61,15	4,60	6,6	67,8	67,4	67,6
3	16,8	61	65,3	63,15	3,25	6,45	69,6	68,7	69,15
4	18,2	60	74,2	67,1	5,00	6,2	73,2	78,5	75,85
5	18,4	67,8	63,5	65,65	4,99	6,12	68,8	69,4	69,1

Fuente: Tamayo L.

Se observa que cada ítem cumple con los rangos especificados por la Regulación ECE 13 H, las pruebas fueron realizadas en las mañanas a similares horas por el tema de la temperatura ambiente, para lo relacionado a la velocidad del viento se esperó que las condiciones sean favorables y entren dentro del rango definido para las pruebas.

El tiempo estimado que se usó entre prueba y prueba llega a los 30 minutos ya que las temperaturas tanto interna de la pastilla como del disco de freno subieron de manera proporcional a la distancia, siendo una limitación de tiempo en vista que la temperatura con la que se iniciaría la siguiente sesión de frenado es la establecida en la Regulación ECE 13 H.

Para la prueba se estableció que ninguna puerta ni ventana se encontraría abierta por el hecho de la resistencia que se generaría, a excepción de que algún instrumento para la toma de datos requiera encontrarse al ambiente, lo cual no sucedió, por lo que los datos generados poseen una mayor exactitud gracias a la no pérdida de valores por la leve turbulencia que se tendría dentro del vehículo por el ingreso de aire.

Así mismo en las Tablas 4.9, 4.10 y 4.11 se encuentran también los valores previos y posteriores a las pruebas prácticas proporcionadas por los equipos de medición en los 3 tipos de pastillas, Nacionales, Extranjeras y Originales.

Tabla 4.9: Recolección de datos de las Pastillas Nacionales a 70 km/h

PRUEBA	TEMP. AMBIENTE (°C)	TEMP. INICIAL (°C)			VELOCIDAD VIENTO (m/s)	DISTANCIA FRENADO (m)	TEMP. FINAL (°C)		
		LEFT	RIGHT	MEDIA			LEFT	RIGHT	MEDIA
1	23,5	75,6	85,4	80,5	1,64	13,4	86,3	87,2	86,75
2	23,7	76,3	86,5	81,4	3,46	13,62	88,1	92,5	90,3
3	29,9	73,9	84,3	79,1	2,61	13,9	89,6	98,5	94,05
4	20,1	78,3	89	83,65	3,77	13,55	85,2	95,7	90,45
5	25,7	79,4	77,9	78,65	2,56	13,2	87,3	87,9	87,6

Fuente: Tamayo L.

Tabla 4.10: Recolección de datos de las Pastillas Extranjeras a 70 km/h

PRUEBA	TEMP. AMBIENTE (°C)	TEMP. INICIAL (°C)			VELOCIDAD VIENTO (m/s)	DISTANCIA FRENADO (m)	TEMP. FINAL (°C)		
		LEFT	RIGHT	MEDIA			LEFT	RIGHT	MEDIA
1	22,4	67,5	70,5	69	4,98	13	70,9	71,5	71,2
2	21,2	69	69,3	69,15	4,20	13,15	81,8	69,7	75,75
3	18,9	69,3	63,5	66,4	2,91	13,5	73,3	66,3	69,8
4	20,1	70,1	67,7	68,9	2,90	13,73	73,2	68,5	70,85
5	21,3	67,8	69,8	68,8	3,27	13,8	67,9	70	68,95

Fuente: Tamayo L.

Tabla 4.11: Recolección de datos de las Pastillas Originales a 70 km/h

PRUEBA	TEMP. AMBIENTE (°C)	TEMP. INICIAL (°C)			VELOCIDAD VIENTO (m/s)	DISTANCIA FRENADO (m)	TEMP. FINAL (°C)		
		LEFT	RIGHT	MEDIA			LEFT	RIGHT	MEDIA
1	19,3	64	62,5	63,25	4,92	13,08	65,1	62,8	63,95
2	18,9	62,7	60,3	61,5	4,98	13,77	72,3	65,1	68,7
3	19,2	73	68,4	70,7	4,86	13,3	75,5	68,7	72,1
4	18,7	71,8	66,9	69,35	4,32	13	72,9	68	70,45
5	18,8	69	68,3	68,65	4,68	12,9	69,4	69,5	69,45

Fuente: Tamayo L.

Tanto la velocidad del viento como las temperaturas iniciales y finales de las pastillas no exceden los límites preestablecidos, realizando un promedio de éstas se obtiene que ningún dato adquirido excede o disminuye del 5% de la media, siendo así valores cercanos ayudando a la tenencia de datos comparables con mayor exactitud de los resultados.

En la Figura 4.9 se observa la curva filtrada de la aceleración versus el tiempo del vehículo de prueba en superficie asfaltada a una velocidad de 50 km/h con pastillas Nacionales donde se observa que la desaceleración media (0.65 m/s^2) no excede los rangos permisibles mostrados en la EC. [4.12] de terminado que la desaceleración media a_{ms} es el tiempo que tarda en detenerse el vehículo desde el accionamiento del freno sobre dos veces la distancia de frenado, mientras que en la Figura 4.10 se encuentra la curva entregada por el acelerómetro a 70 km/h igualmente con una desaceleración media de 0.80 m/s^2 .

$$a_{ms} = \frac{t^2}{2 \cdot s_0} \quad \text{EC. [4.12]}$$

$$a_{ms} \left(\frac{50 \text{ km}}{\text{h}} \right) = \frac{3^2}{2 \cdot 6.12} = 0.73 \text{ m/s}^2$$

$$a_{ms} \left(70 \frac{\text{km}}{\text{h}} \right) = \frac{4.5^2}{2 \cdot 13.12} = 0.77 \text{ m/s}^2$$

Donde se establece que existirá un rango del 15% de tolerancia para cada uno de los casos a distintas velocidad y con diferentes pastillas de freno.

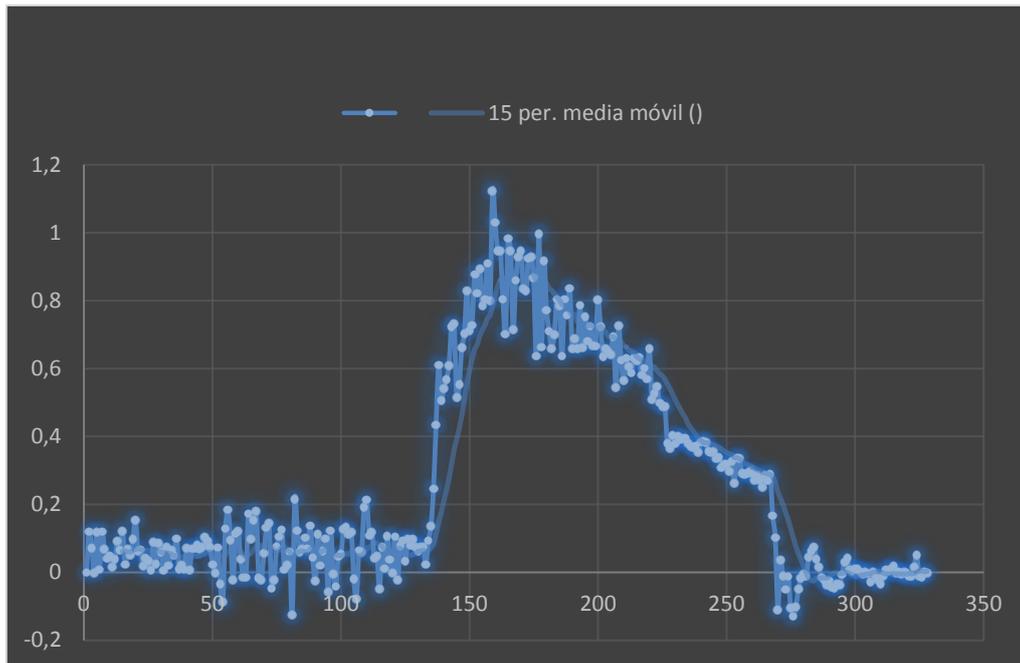


Figura 4.9: Desaceleración del centro de masa del vehículo Renault Logan Familiar en superficie asfaltada a 50 km/h con pastillas Nacionales

Fuente: Tamayo L.

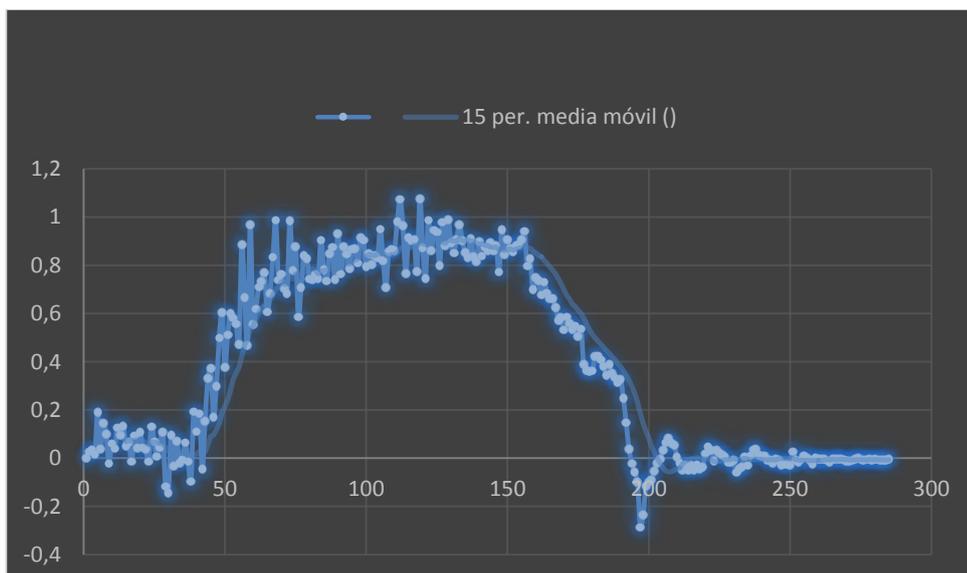


Figura 4.10: Desaceleración del centro de masa del vehículo Renault Logan Familiar en superficie asfaltada a 70 km/h con pastillas Nacionales

Fuente: Tamayo L.

En lo concerniente a las pruebas con pastillas extranjeras los resultados arrojados por el acelerómetro se muestran en la Figura 4.11 para un velocidad de 50 km/h la desaceleración media es acorde a los datos preestablecidos con un valor de 0.72 m/s^2 y en

la Figura 4.12 cuando la velocidad es de 70 km/h se obtiene una desaceleración media de 0.76 m/s^2 .

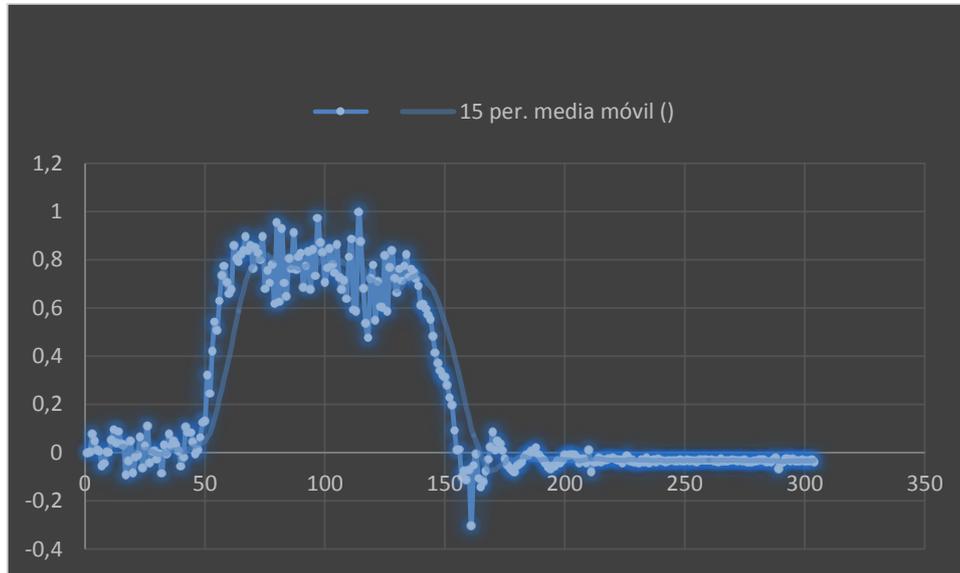


Figura 4.11: Desaceleración del centro de masa del vehículo Renault Logan Familiar en superficie asfaltada a 50 km/h con pastillas Extranjeras

Fuente: Tamayo L.

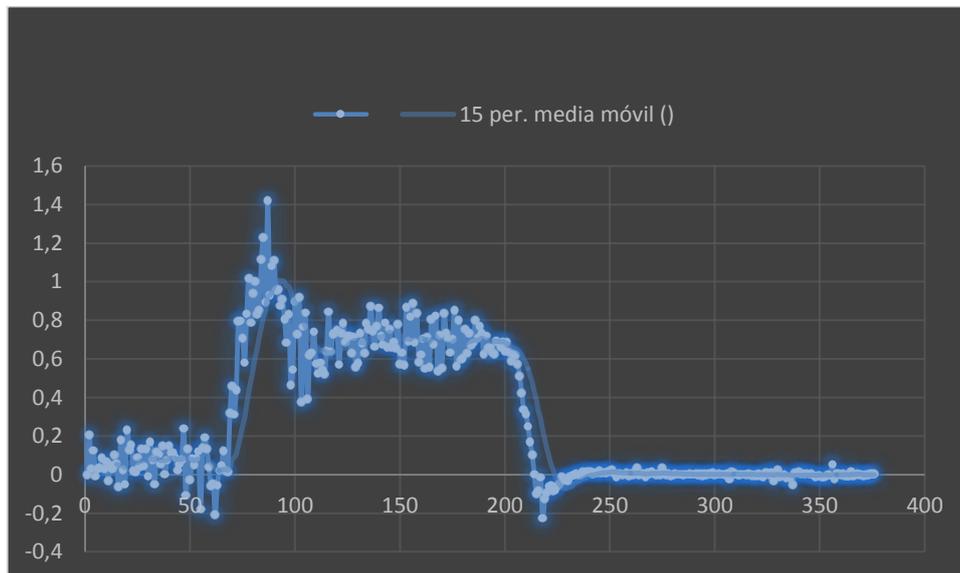


Figura 4.12: Desaceleración del centro de masa del vehículo Renault Logan Familiar en superficie asfaltada a 70 km/h con pastillas Extranjeras

Fuente: Tamayo L.

La desaceleración del centro de masa con las pastillas Originales a 50 km/h se muestra en la Figura 4.13 arroja 0.77 m/s^2 sin superar los 15% de tolerancia de 0.73 m/s^2 con un

tiempo de 2.52 s, mientras que para los resultados emitidos a los 70 km/h se hallan en la Figura 4.14 obteniendo un total de 0.64 m/s² desaceleraciones.

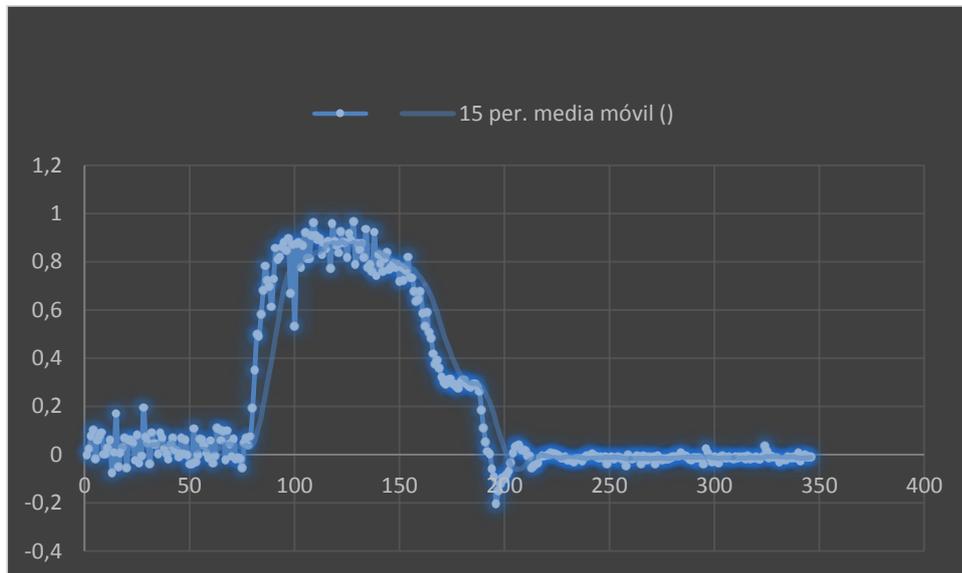


Figura 4.13: Desaceleración del centro de masa del vehículo Renault Logan Familiar en superficie asfaltada a 50 km/h con pastillas Originales

Fuente: Tamayo L.

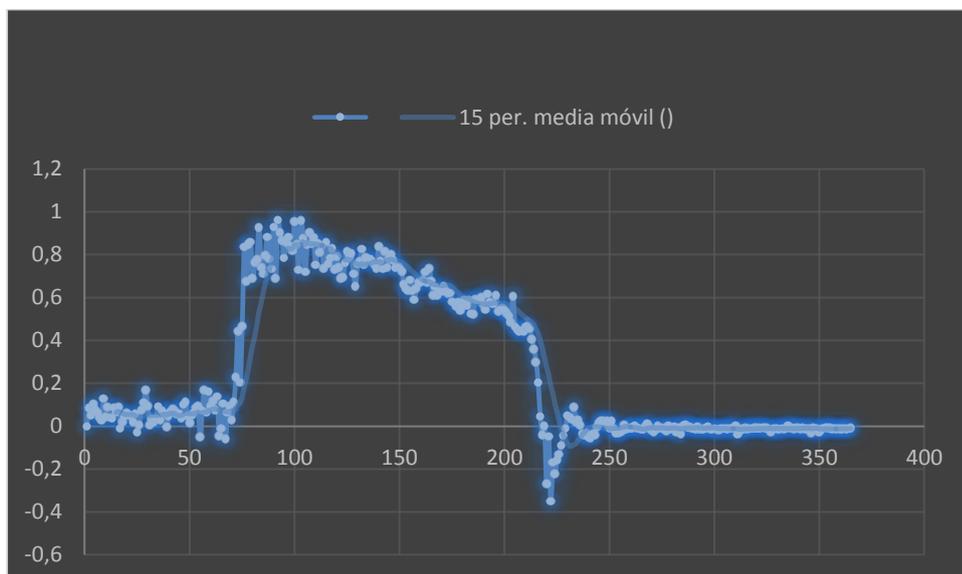


Figura 4.14: Desaceleración del centro de masa del vehículo Renault Logan Familiar en superficie asfaltada a 70 km/h con pastillas Extranjeras

Fuente: Tamayo L.

4.6. COMPARATIVA DE RESULTADOS

A continuación se muestran las gráficas con los respectivos resultados obtenidos en con cada una de las pastillas, tomando un promedio de las pruebas realizadas.

4.6.1. DISTANCIA DE FRENADO

Una vez realizadas las pruebas prácticas y con los datos recolectados se puede apreciar en la Figura 4.15 el promedio de las distancias de frenado que cada pastilla obtuvo a los 50 km/h, siendo la más efectiva la pastilla Extranjera, seguida por la Original y finalmente la Nacional, se toma en cuenta que ninguna distancia obtenida en las pruebas supera el límite máximo al cual deberían frenar siendo este de 20m.

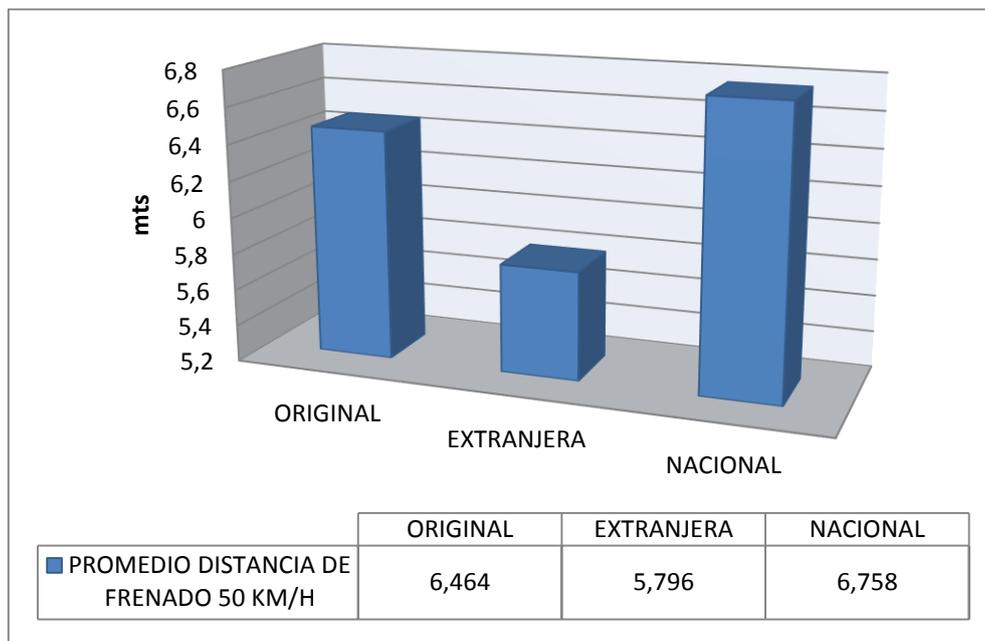


Figura 4.15: Promedio distancia de frenado 50 km/h
Fuente: Tamayo L.

En la Figura 4.16 se observa la distancia promedio de frenado que tuvo cada pastilla a 70 km/h, sobresaliendo la eficiencia de la pastilla Nacional, luego la Extranjera y por último la Original, ninguna de ellas sobrepasando el valor límite de la distancia de frenado que es 36.4 m para esta velocidad.

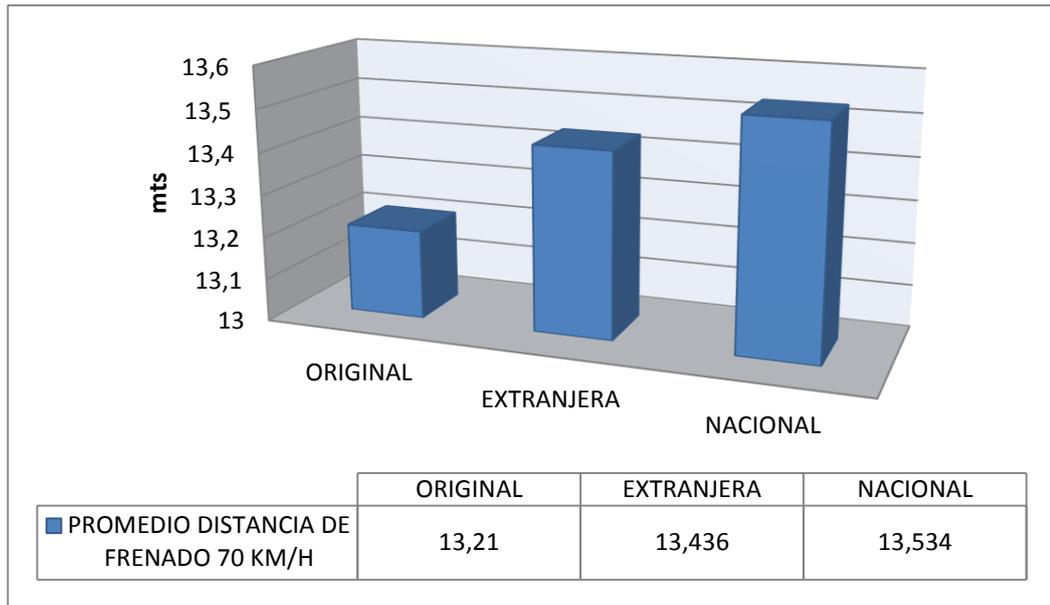


Figura 4.16: Promedio distancia de frenado 70 km/h
Fuente: Tamayo L.

4.6.2. TEMPERATURAS FINALES DE LAS PASTILLAS DE FRENO

En cuanto a las temperaturas finales obtenidas de las pastillas de freno se ha realizado un promedio de las cinco pruebas de cada pastilla demostrando que las temperaturas a este rango de velocidad de 50 km/h no se recalientan en ninguno de los tres tipos ni existe una mayor diferencia entre estas temperaturas como se observa en la Figura 4.17.

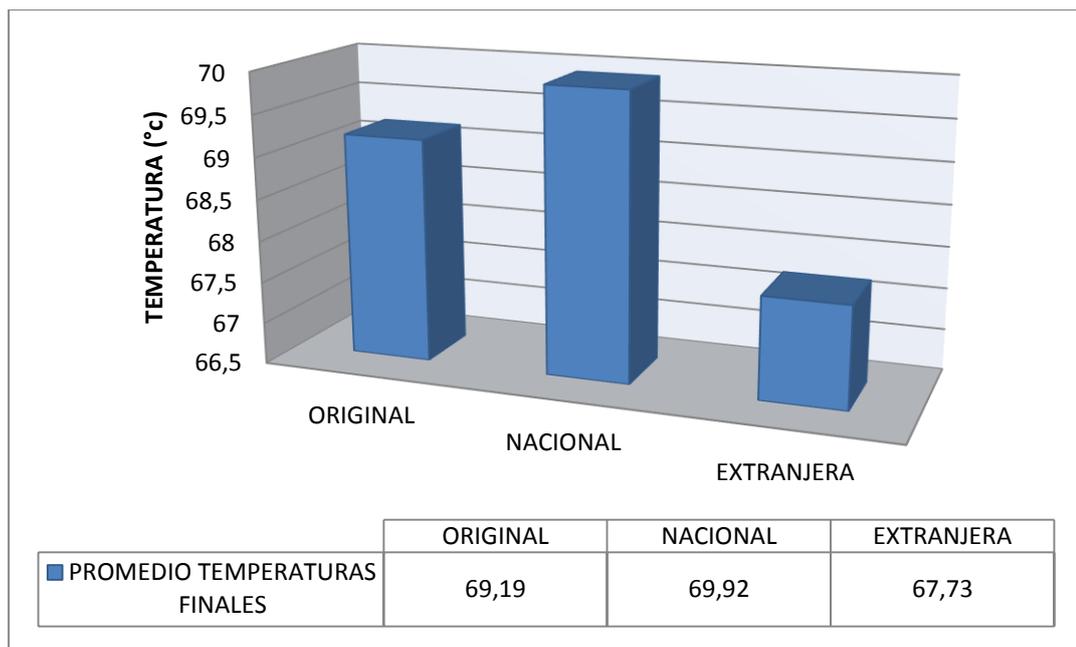


Figura 4.17: Promedio temperatura final de las pastillas a 50 km/h
Fuente: Tamayo L.

Mientras que las temperaturas a una velocidad de 70 km/h si bien es cierto tuvieron una elevación en sus resultados que no fue tan brusca en las pastillas originales y extranjeras, a diferencia de las pastillas nacionales que llegaron a tener un promedio de 89.83° C superando en un 20.62% a las pastillas originales y en un 23.26% a las extranjeras.

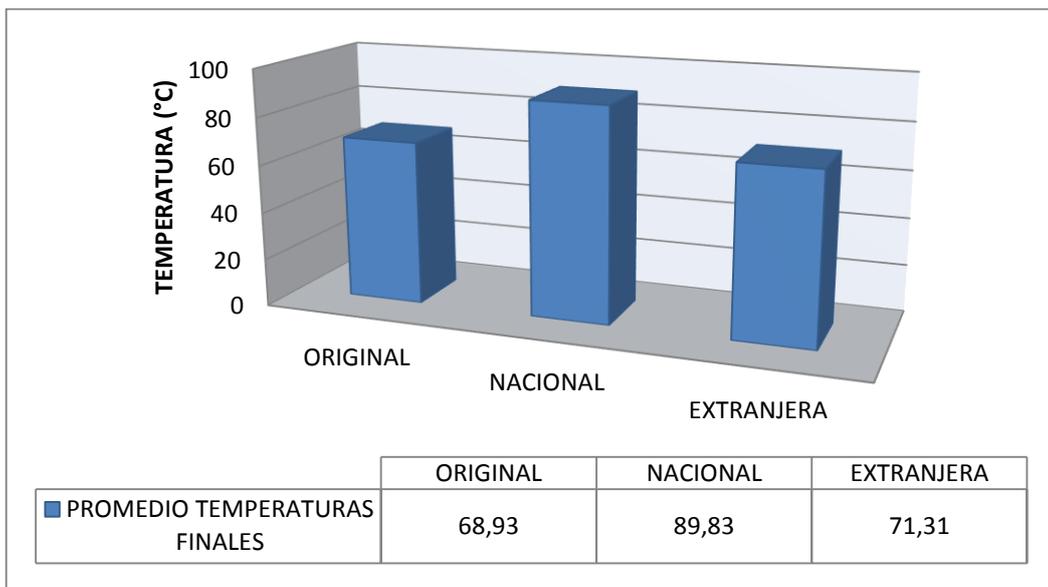


Figura 4.18: Promedio temperatura final de las pastillas a 70 km/h
Fuente: Tamayo L.

4.6.3. ACELERACIONES MÁXIMAS

Las aceleraciones máximas arrojadas por el acelerómetro a 50 km/h determinan que la pastilla original es la que mayor aceleración posee con 1.014 m/s², seguida de la pastilla extranjera y al final la nacional.

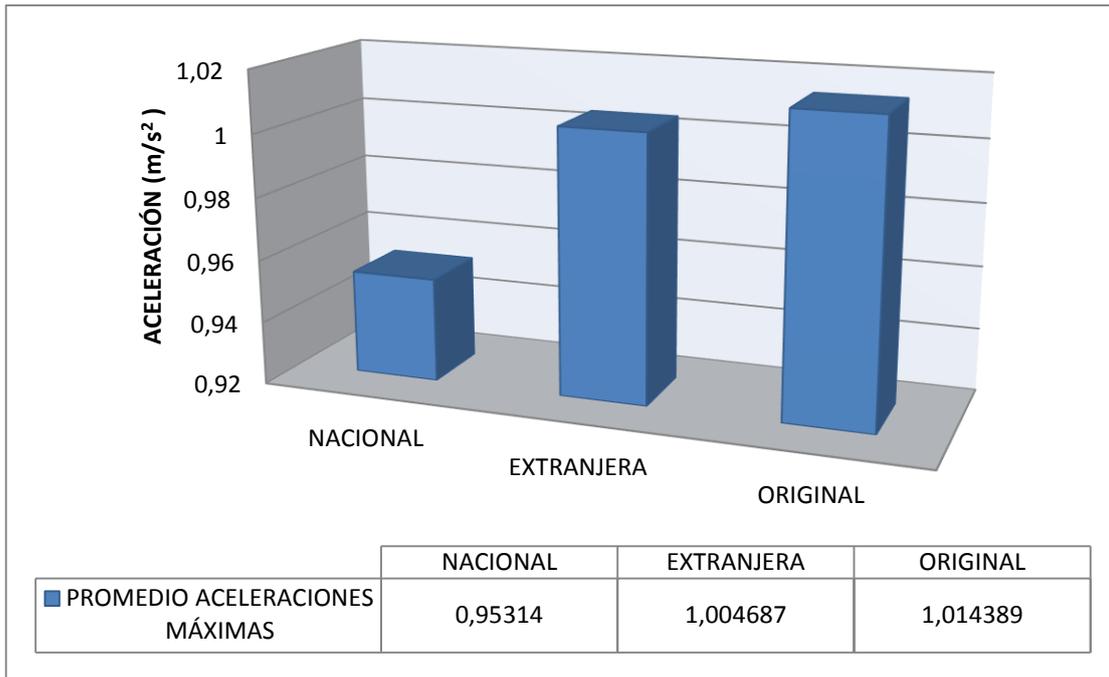


Figura 4.19: Promedio aceleraciones máximas a 50 km/h
Fuente: Tamayo L.

A 70 km/h se establece que las pastillas con mayor aceleración es la extranjera, siendo superior con un 8.66% que las pastillas originales y con un 8.87% con respecto a las pastillas nacionales.

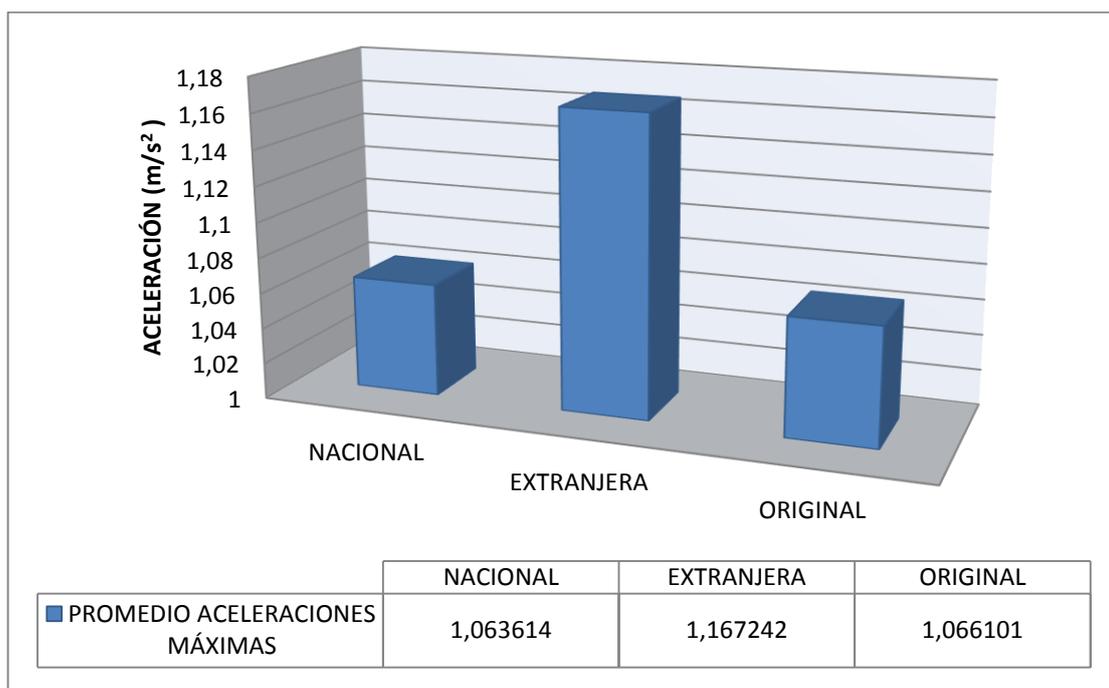


Figura 4.20: Promedio aceleraciones máximas a 70 km/h
Fuente: Tamayo L.

4.6.4. TIEMPOS DE FRENADO

Para la toma del tiempo se ha verificado los datos dados por el acelerómetro desde el momento que es accionado el pedal de freno hasta el momento en el que el vehículo llega a detenerse en su totalidad, siendo así para la velocidad de 50 km/h el tiempo que fue necesario para que el vehículo se detenga fue de 2.398s para las pastillas extranjeras, de 2.627s para las pastillas originales y de 2.789s para las pastillas nacionales como se encuentra en la Figura 4.21.

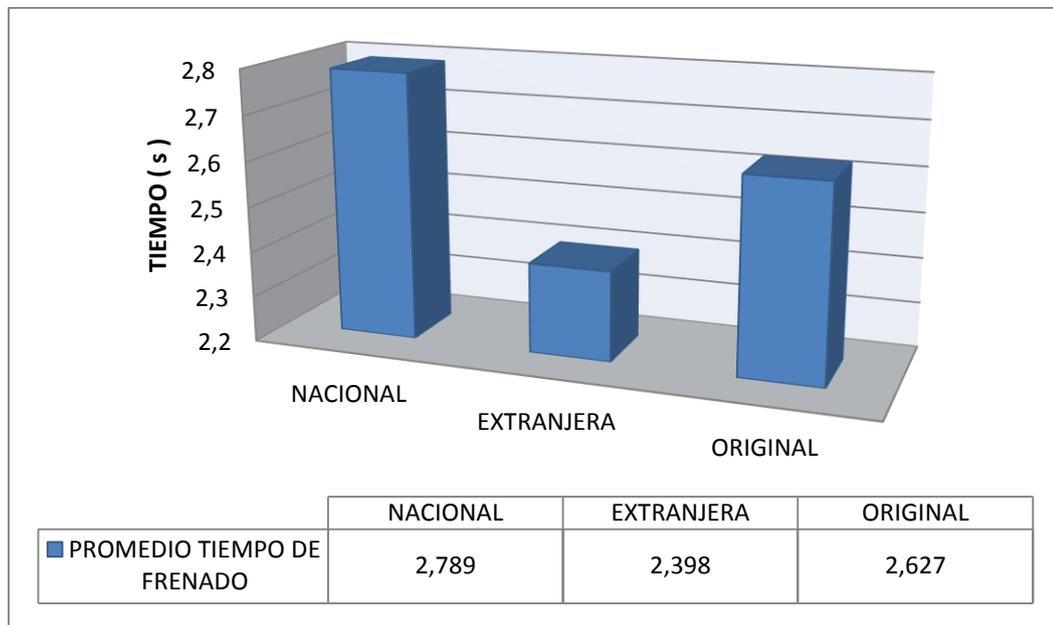


Figura 4.21: Promedio de tiempo de frenado a 50 km/h
Fuente: Tamayo L.

De acuerdo a las distancias promedio obtenidas en la Figura 4.15 se esperó que los resultados de los tiempos vayan acorde a los resultados de las distancias, siendo así el mismo orden, teniendo un menor tiempo las pastillas originales, seguidas de las extranjeras y las nacionales.

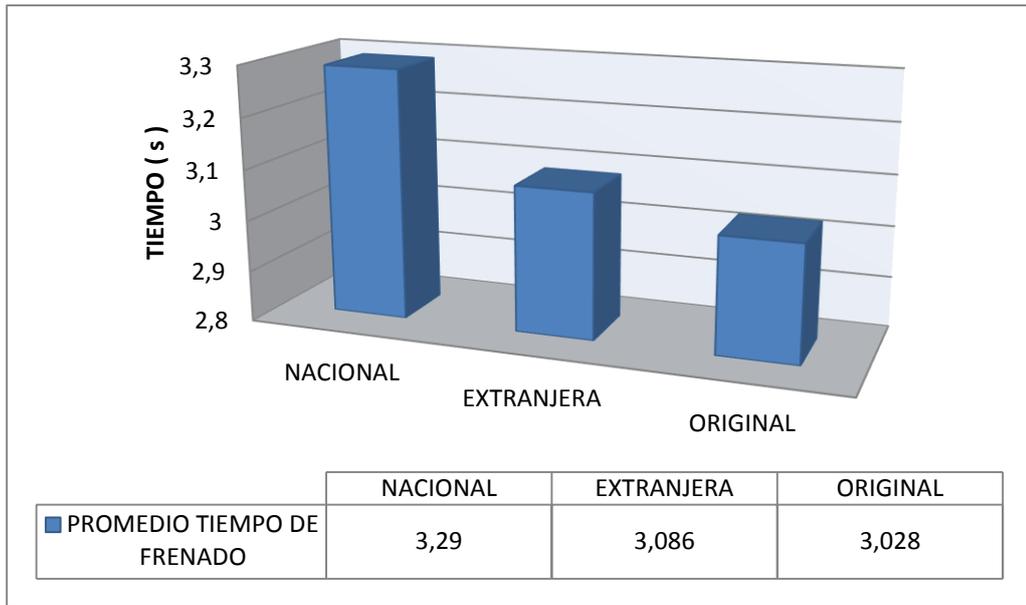


Figura 4.22 : Promedio de tiempo de frenado a 70 km/h
Fuente: Tamayo L.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Realizadas ya todas las pruebas prácticas se llega a determinar la eficiencia de cada una de las pastillas, teniendo que para velocidades bajas como las realizadas a 50 km/h las pastillas extranjeras tienen el mejor rendimiento tomando en cuenta que en un promedio de las distancias de frenado éste posee 5.79 m, es decir, un 14.23% menos que la pastilla nacional que es la de mayor distancia con 6.76 m, mientras que en segundo lugar se ubica la pastilla original con un porcentaje de 4.35% menos que la Nacional teniendo un promedio de frenado de 6.46 m.

Para velocidad más altas, es decir, los resultados arrojados mediante la prueba de frenado a 70 km/h denotan que las tres pastillas tienen un similar nivel de eficiencia ya que las diferencias de distancias de frenado entre ellas no es mayor a 29 cm en el caso de las pastillas nacionales (13.54 m) con respecto de las originales (13.21 m) y de 9 cm para el caso de las pastillas nacionales (13.54 m) con las extranjeras (13.44 m).

En ninguna de las pruebas realizadas sean estas a velocidades de 50 km/h o 70 km/h se han excedido los valores máximos de distancias de frenado siendo estas de 20 m para el primer caso y de 36.4 m para el segundo, por lo que se deduce que las pastillas tanto Nacionales como Extranjeras y Originales cumplen los estándares según la Regulación ECE 13 H.

En cuanto a demás parámetros medidos en las pruebas de práctica se determina que los tres tipos de pastillas no tienden a recalentarse aunque la pastilla nacional tiende a elevar su temperatura de 10° a 20° C por encima de las demás, aunque no perjudica ni va en contra de la seguridad del vehículo.

En cuanto a la percepción del conductor acerca del cambio de pastillas no se produjo en ninguna de ellas un cambio o tuvo tendencia negativa al sistema de frenos, se toma en cuenta que se recorrió el vehículo una cantidad determinada de 300 km para que las pastillas se asienten con el disco de frenos evitando frenadas bruscas en esos tramos.

Con lo referente a las gráficas entregadas por el acelerómetro se determina que todas ellas tienen sus tiempos y desaceleraciones semejantes a lo establecido en la Figura 4.7 y aunque existen picos en algunos de ellos como en el comienzo de la desaceleración y el fin de la misma se encuentran dentro del rango de lo moderado que para 50 km/h es una desaceleración media de 0.73 m/s^2 y para 70 km/h es una desaceleración media de 0.77 m/s^2 .

Los tiempos que se obtuvieron desde el momento del accionamiento del pedal de freno hasta la detención del mismo no tienen un mayor rango de diferencia entre los tres tipos de pastillas, teniendo así un margen de 0.51 s de diferencia para las pruebas con velocidades de 50 km/h y de 0.89 s para las pruebas a velocidad de 70 km/h.

RECOMENDACIONES

Para la realización de las pruebas es fundamental que la vía en la cual se realizará las mismas cumpla con todos los requerimientos de la Regulación ECE 13H, tratando de que el lugar donde se la realice tenga valores permisibles en cuanto al ambiente, también es necesario tomar en cuenta que el sector donde se realice las pruebas tendrá poca afluencia de personas y de vehículos por la inseguridad que estos producirían en la vía de pruebas.

La verificación de las condiciones ambientales es de suma trascendencia en la realización de las pruebas debido a que varían los resultados tanto la humedad, velocidad del viento y la temperatura ambiente deben encontrarse dentro del rango establecido por la Normativa.

Es importante que el clima de los días en los que se realiza la prueba no sean varíen tanto sobre todo por condición es climáticas como la lluvia por lo que pueden llegar a afectar algunos de los valores requeridos para las pruebas como el coeficiente de adherencia.

El registro de datos que entrega el acelerómetro se lo calibro con una frecuencia de 60 HZ con lo que se obtiene las curvas mucho más detalladas de la desaceleración del vehículo en el momento del frenado.

Para una mayor exactitud de los momentos donde las velocidades son establecidas por la Regulación ECE 13 H se procede a la colocación de conos de seguridad para alertar momentos tanto de velocidad inicial como momento en el que se accione el pedal de freno.

Utilizar un solo juego de neumáticos debido a que así la adherencia en cada una de las pruebas será la misma verificando que todas las características tanto del neumático como del aro y su enllantaje sean correctos.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

1. Pablo Luque y Daniel Alvarez, (2003). Investigación de accidentes de tráfico “Estudio del Automóvil”. Universidad de Oviedo. Oviedo, España.
2. Adolfo Mozota, (2011). Gestión técnica del tráfico. OEP.
3. Wulf Post, (2003). Sistemas de frenos convencionales y electrónicos. Robert Bosch. Alemania.
4. Karl-Heinz Dietsche, (2005). Manual de la técnica del automóvil. Robert Bosch. Alemania.
5. Pablo Luque y Daniel Alvarez, (2005). Ingeniería del automóvil “Sistemas y comportamiento dinámico”. Paraninfo. Magallanes, España.
6. Jesús Calvo y Antonio Miravete, 1997. Mecánica del automóvil. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España.
7. Eduardo Águeda, 2012. Sistemas de transmisión de fuerzas y trenes de rodaje. Paraninfo. España.
8. Bosch, 2005. Sistemas para la estabilización del vehículo, Alemania.
9. Esteban Domínguez y Julián Ferrer, 2012. Sistemas de Transmisión y de frenado. Editex. España.
10. <http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/03/PROEC-AS2011-AUTOMOTRIZ.pdf>
11. <http://www.todoautos.com.pe/portal/auto/seguridad/1722-subviraje-y-sobreviraje-que-es-y-como-corregirlo>
12. <https://www.neumaticoslider.es/consejos-neumaticos/tipo-perfil-neumatico>
13. Anónimo. (25 de agosto de 2011). MANUAL TÉCNICO DE PASTILLA DE FRENO. <http://www.museoseat.com/biblioteca/manuals%20varis/Manual%20tecnico%20pastillas%20freno.pdf>

ANEXOS