

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

MAESTRÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES

**ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LOS FRENOS EN VEHÍCULOS
QUE INCORPOREN EL SISTEMA ANTIBLOQUEO (ABS) EN
CAMINOS IRREGULARES**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGISTER EN SISTEMAS AUTOMOTRICES**

ING. GUILLERMO GORKY REYES CAMPAÑA
gorky_reyes@hotmail.com

ING. JUAN PABLO TAMAYO BENAVIDES
juan_pablo_tb@hotmail.com

DIRECTOR: ING. ANDRÉS ZUMÁRRAGA, MSC.
andres.zumarraga@gm.com

COLABORADOR: ING. CÉSAR AYABACA, MSC.

QUITO 2015

DECLARACIÓN

Nosotros, Guillermo Gorky Reyes Campaña y Juan Pablo Tamayo Benavides, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Ing. Gorky G. Reyes C.

Ing. Juan P. Tamayo B.

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Ing. Guillermo Gorky Reyes Campaña y el Ing. Juan Pablo Tamayo Benavides bajo nuestra supervisión.

Ing. Andrés Zumárraga, MsC.

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. César Ayabaca, MsC.

COLABORADOR

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. Cada uno de ellos me ayudó a la par a mejorar como persona, convirtiéndose en mis orientadores y guías de vida, a veces, sin que ellos mismo lo supieran. En especial al Ing. ANDRES ZUMARRAGA quien ha sido un gran apoyo en la culminación de este proyecto, al Ing. CESAR AYABACA, JORGE ESCOBAR, quienes nos han guiado de buena manera.

A la ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, a sus directivos, dirigentes, personal docente y administrativo, compañeros y amigos de aula, con quienes he compartido una parte muy importante de mi vida.

A mi compañero y amigo de tesis JP, con quien hemos realizado el presente trabajo.

Gorky Guillermo

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por permitir que terminase una etapa más en mi vida, a mis amigos por brindarme su apoyo incondicional, al Ing. Andrés Zumárraga por su valiosa amistad y enseñanzas; al Ing. César Ayabaca por su colaboración y agradecimiento especial al Ing. Jorge Escobar.

Juan Pablo

DEDICATORIA

A mi amada esposa, pilar fundamental de mi vida profesional, gracias a ti por estar a mi lado todo este tiempo dedicándome tiempo y paciencia, a mis queridos hijos MARTIN y ANTHONELA, fuente de amor, motivación y admiración quienes son el centro de mi nuevo universo que junto a ellos soy el ser más feliz del planeta enseñándome cosas muy valiosas día a día, a ustedes mis hijitos, todo este esfuerzo y dedicación.

Gracias DIOS, por concederme la mejor de las familias.

A mis hermanos, Alex por su apoyo incondicional, Gerson sé que el cielo siempre estás pendiente de mi cuidado y mi familia gracias por permanecer junto a nosotros; a mis queridos padres por estar pendientes que todos sus hijos sean profesionales de bien, quienes con sus palabras de aliento me inculcaron a que sea perseverante y cumpla con mis ideales.

Gorky Guillermo

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente proyecto a todas aquellas personas que forman parte esencial de mi vida; que día a día me brindan su apoyo, amistad y amor de manera incondicional, en especial a mi Madre que siempre me apoya en cada nueva etapa de mi vida.

Juan Pablo

ÍNDICE

RESUMEN.....	xii
PRESENTACIÓN	xiv
CAPÍTULO I.....	1
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. SISTEMAS DE SEGURIDAD VEHICULAR	2
1.2.1. SISTEMA DE FRENOS	3
1.2.2. NEUMÁTICOS.....	5
1.2.3. FUERZAS Y MOMENTOS EN EL VEHÍCULO.....	9
1.2.4. FRENOS ABS.....	17
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	30
CAPÍTULO II	32
2. REVISIÓN DE NORMATIVAS Y REGULACIONES INTERNACIONALES.....	32
2.1. NORMA 49 CFR. PARTE 571 ESTÁNDAR N° 105 SISTEMA DE FRENOS HIDRÁULICOS Y ELÉCTRICOS.....	35
2.2. NORMA 49 CFR. PART 571 ESTÁNDAR N° 135 SISTEMA DE FRENOS EN VEHÍCULOS LIGEROS	36
2.3. REGULACIÓN N° 13-H DISPOSICIONES UNIFORMES RELATIVAS A LA APROBACIÓN DE LOS VEHÍCULOS AUTOMÓVILES DE PASAJEROS EN LO RELATIVO AL FRENADO.....	38
2.4. CONDICIONES GENERALES PARA PRUEBAS DE FRENADO CON BASE A NORMAS Y REGULACIONES INTERNACIONALES	42
2.5. PROCEDIMIENTO PARA LAS PRUEBAS DE FRENADO EN VEHÍCULOS EQUIPADOS CON EL SISTEMA ABS.....	46
2.5.1. PROCEDIMIENTO SEGÚN 49 CFR. PARTE 571 ESTÁNDAR N° 105	46
2.5.2. PROCEDIMIENTO SEGÚN 49 CFR. PARTE 571 ESTÁNDAR N° 135	47
2.5.3. PROCEDIMIENTO SEGÚN REGULACIÓN ECE 13-H	48
2.6. PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS DE FRENADO EN VEHÍCULOS EQUIPADOS CON SISTEMA ABS EN CAMINOS IRREGULARES EN BASE A LAS NORMAS INTERNACIONALES	50
2.6.1. CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS	50
2.6.2. CONDICIONES DEL VEHÍCULO DE PRUEBAS	51
2.6.3. CONDICIONES AMBIENTALES.....	52

2.6.4. CONDICIONES DE LA SUPERFICIE DE PRUEBAS DE FRENADO.....	53
2.6.5. CONDICIONES DE PRUEBA PARA EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE FRENOS ABS 53	
2.6.6. PROTOCOLO DE PRUEBAS EN CAMINOS IRREGULARES.....	55
2.7. SELECCIÓN DEL VEHÍCULO DE PRUEBAS.....	62
2.8. INSTRUMENTACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS	64
CAPÍTULO III	67
3. REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE FRENADO EN CAMINOS IRREGULARES EN EL ECUADOR	67
3.1. PREPARACIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE PRUEBA	67
3.1.1. REGLAJE Y OPERACIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS.....	68
3.1.2. ESTADO DE LOS NEUMÁTICOS	69
3.1.3. PESO DEL VEHÍCULO	71
3.2. SELECCIÓN DE LA SUPERFICIE DE PRUEBAS	72
3.2.1. VÍA CON SUPERFICIE DE RODADURA ASFALTADA	73
3.2.2. VÍA CON SUPERFICIE DE RODADURA EMPEDRADA	75
3.2.3. COEFICIENTES DE ADHERENCIA DE LAS SUPERFICIES DE PRUEBA	78
3.3. RESULTADOS DE PRUEBAS DEL SISTEMA ABS	85
3.3.1. MAZDA BT-50 DIESEL 4x4 C.D.....	85
3.3.2. CHEVROLET LUV D-MAX 4x4 DIÉSEL C.D.	87
3.3.3. TOYOTA HILUX 4x4 GASOLINA C.D. S.R.	89
3.3.4. TABULACIÓN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS	91
CAPÍTULO IV	93
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
4.1. CONCLUSIONES.....	93
4.2. RECOMENDACIONES	95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
ANEXOS.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Sistema de freno de servicio.....	4
Figura 1.2 Estructura de un neumático.....	6
Figura 1.3 Recorrido de frenado según el desgaste acanalado.....	8
Figura 1.4 Fuerzas y momentos sobre el vehículo.....	11
Figura 1.5 Fuerzas del neumático.....	14
Figura 1.6 Coeficiente de adherencia y fuerza lateral.....	17
Figura 1.7 Zona de eficiencia del ABS.....	19
Figura 1.8 Esquema del sistema ABS.....	22
Figura 1.9 Ubicación del sensor de velocidad.....	23
Figura 1.10 Ubicación del EBCM.....	24
Figura 1.11 Grupo hidráulico.....	26
Figura 1.12 Circulación de presión del líquido.....	27
Figura 1.13 Regulación de frenado con diferentes coeficientes de frenado.....	30
Figura 2.1 Diagrama de cuerpo libre de un vehículo acelerando.....	40
Figura 2.2 Diagrama de cuerpo libre para determinar la altura del centro de gravedad de un vehículo.....	42
Figura 2.3 Ubicación de señales sobre la calzada para medición de distancias de frenado.....	65
Figura 2.4 Sensor de aceleración 3D Cobra 4.....	66
Figura 3.1 Modulo ABS de los vehículos de prueba.....	69
Figura 3.2 Medición profundidad labrado de neumático.....	70
Figura 3.3 Enllantaje del vehículo de pruebas.....	70
Figura 3.4 Cargas utilizadas para pruebas vehiculares.....	72
Figura 3.5 Distribución de los costalillos en los vehículos de prueba.....	72
Figura 3.6 Ubicación de la vía con superficie de rodadura asfaltada.....	74
Figura 3.7 Vías de pruebas con superficie de rodadura asfaltada.....	74
Figura 3.8 Medición de la vía de pruebas con superficie de rodadura asfaltada.....	75
Figura 3.9 Ubicación geográfica de la vía con superficie de rodadura empedrada.....	76
Figura 3.10 Vía de pruebas con superficie de rodadura empedrada.....	76
Figura 3.11 Medición del largo de la vía de pruebas con superficie de rodadura empedrada.....	77
Figura 3.12 Medición del ancho de la vía de pruebas con capa de rodadura empedrada.....	77
Figura 3.13 Pesaje del eje posterior del vehículo de pruebas.....	78

Figura 3.14 Diagrama de cuerpo libre ideal del vehículo.....	79
Figura 3.15 Ubicación del sensor de aceleración en el vehículo.	80
Figura 3.16 Registro de datos del sensor de aceleración 3D.	80
Figura 3.17 Desaceleración del centro de masa del vehículo Mazda BT-50 en superficie de rodadura empedrada a 50 km/h.	82
Figura 3.18 Desaceleración del centro de masa del vehículo Mazda BT-50 en superficie de rodadura asfaltada a 50 km/h.	83
Figura 3.19 Desaceleración del centro de masa del vehículo Chevrolet Luv D-Max en superficie asfaltada a 100 km/h.	84
Figura 3.20 Desaceleración del centro de masa del vehículo Mazda BT-50 en superficie de rodadura empedrada a 70 km/h.	86
Figura 3.21 Desaceleración del centro de masa del vehículo Mazda BT-50 en superficie de rodadura asfaltada a 70 km/h.	86
Figura 3.22 Desaceleración del centro de masa del vehículo Chevrolet Luv D-Max en superficie de rodadura empedrada a 70 km/h.	88
Figura 3.23 Desaceleración del centro de masa del vehículo Chevrolet Luv D-Max en superficie de rodadura asfaltado a 70 km/h.	88
Figura 3.24 Desaceleración del centro de masa del vehículo Toyota Hilux en superficie de rodadura empedrada a 70 km/h.	90
Figura 3.25 Desaceleración del centro de masa del vehículo Toyota Hilux en superficie de rodadura asfaltado a 70 km/h.	90
Figura 3.26 Distancias de frenado de los vehículos de prueba.	91
Figura 3.27 Tiempos de frenado de los vehículos de prueba.	92
Figura 3.28 Aceleraciones pico máximo de los vehículos de prueba.	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Grupo de neumáticos y normas asociadas.....	7
Tabla 1.2 Coeficientes de adherencia.....	16
Tabla 1.3 Participación del mercado del sector automotriz 2013.	31
Tabla 1.4 Vehículos más vendidos del segmento camionetas 2013.	32
Tabla 2.1 Comparación de las condiciones de pruebas de frenado entre normativas.	43
Tabla 2.2 Distancias de frenado.	47
Tabla 2.3 Condiciones para realizar la prueba de frenado.	54
Tabla 2.4 Ficha del protocolo de pruebas de frenado.	55
Tabla 2.5 Modelos de camionetas equipadas con ABS ofertadas en el Ecuador.	62
Tabla 2.6 Modelos de camionetas ofertadas en el mercado de vehículos usados.	63
Tabla 2.7 Datos técnicos Acelerómetro 3D Cobra 4.....	66
Tabla 2.8 Especificaciones técnicas termómetro infrarrojo Fluke serie 63.	66
Tabla 3.1 Disposición de frenos ABS.....	68
Tabla 3.2 Neumáticos por tipo de camioneta.	69
Tabla 3.3 Pesos y capacidades de vehículos.	71
Tabla 3.4 Condiciones físicas de la vía de pruebas con superficie asfaltada.	75
Tabla 3.5 Condiciones físicas de la vía de pruebas con superficie empedrada.....	77
Tabla 3.6 Fuerzas normales ejercidas en los ejes del vehículo de pruebas y distancia del centro de gravedad a los ejes.	79
Tabla 3.7 Factores de estabilidad de las vías de pruebas.....	81
Tabla 3.8 Condiciones de prueba para determinar el coeficiente de adherencia.....	81
Tabla 3.9 Coeficientes de adherencia de la vía de prueba.....	83
Tabla 3.10 Datos promedio de tiempo, distancia de frenado y desaceleración registrados en la prueba de frenado del vehículo Mazda BT-50 a 50 km/h.	84
Tabla 3.11 Condiciones de prueba para el sistema ABS Mazda BT-50.	85
Tabla 3.12 Datos promedio de tiempo, distancia de frenado y desaceleración registrados en la prueba de frenado del vehículo Mazda BT-50 a 70 km/h.	87
Tabla 3.13 Condiciones de prueba para el sistema ABS Chevrolet Luv D-Max.	87
Tabla 3.14 Datos promedio de tiempo, distancia de frenado y desaceleración registrados en la prueba de frenado del vehículo Chevrolet Luv D-Max a 70 km/h.	89
Tabla 3.15 Condiciones de prueba para el sistema ABS Toyota Hilux.	89
Tabla 3.16 Datos promedio de tiempo, distancia de frenado y desaceleración registrados en la prueba de frenado del vehículo Toyota Hilux a 70 km/h.	91

RESUMEN

El desarrollo de la industria automotriz a nivel mundial ha ido creciendo a pasos agigantados, poniendo un especial interés en los sistemas de seguridad activa y pasiva que equipan a los vehículos en la actualidad. Dichos sistemas son evaluados y certificados mediante organismos especializados encargados de la regularización y estandarización de reglamentos, normas y regulaciones para la industria automotriz.

En el Ecuador, una de las normas que regulan los diferentes sistemas y subsistemas con los que vienen equipados los automóviles, es la norma RTE INEN-034 que valora los elementos de seguridad basándose en regulaciones y normativas como son ECE 13-H, y el código federal para la homologación vehicular CFR-49. El presente trabajo fija un especial interés en el estudio del desempeño del sistema de frenos equipados con ABS en condiciones reales según la geografía Andina, en especial en los caminos propios de la región.

En capítulo I, se aborda brevemente la problemática que permitió desarrollar éste proyecto. Se indica de manera breve que las condiciones de prueba en las cuales se realizan las homologaciones a nivel internacional contemplan únicamente vías con superficie de rodadura asfaltada, vías que ocupan aproximadamente el 12% del total de la Red Vial del Ecuador. De la misma manera se recopila todo el marco teórico acerca del funcionamiento del sistema de frenos ABS y sus componentes que interactúan en el desempeño eficiente del mismo; adicionalmente las condiciones dinámicas de comportamiento de la rueda frenada.

En el capítulo II, se realiza un análisis de las normas que regulan y valoran el correcto funcionamiento del sistema de frenos y el desempeño del mismo cuando el vehículo viene equipado con ABS. Considerando las referencias bibliográficas de las norma RTE INEN-034 en las que se cita a la regulación ECE 13-H principalmente, se realiza una tabla comparativa entre la regulación europea y la regulación americana CFR 49, para ponderar y aplicar aquellos incisos que más se adapten a nuestro medio geográfico. Una vez analizados los aspectos cualitativos como cuantitativos se concluye que la norma más favorable es la ECE-13H, apoyándonos de las condiciones, y herramientas para obtener datos

reales y se establece un proceso para ejecutar las pruebas de frenado en vías con superficie de rodadura empedrada.

En el capítulo III, se procesan los datos registrados como coeficientes de adherencia y de frenado de las vías de pruebas; aceleraciones y fuerzas a las que se someten al vehículo cuando se pisa el pedal del freno. Se construyen las gráficas de desaceleración versus tiempo que permiten tener una idea del comportamiento en sí del sistema del vehículo al momento de realizar un freno de pánico.

Finalmente, en el capítulo IV, se muestran las conclusiones en las cuales se analizan las variables involucradas al momento de frenar, lo que permite estudiar el desempeño del sistema ABS realizado en los vehículos de prueba seleccionados y las debidas recomendaciones en el caso de que se deseen realizar más pruebas de desempeño en caminos con superficie de rodadura empedrada.

En los anexos constan varias tablas, normas a utilizar, proformas de vehículos alquilados, tablas cuantitativas de los datos de laboratorio, fotografías que validan los datos obtenidos. Estos anexos permiten al lector comprender de mejor manera el documento, y a los autores les permite justificar la información que está escrita en el mismo.

PRESENTACIÓN

El sistema de seguridad vehicular en la actualidad determina un papel muy importante en la selección y aprobación de los automotores, al momento de ingresar a un país, según las necesidades de los ocupantes; lo que propició que empresas automotrices demanden investigación para el correcto y oportuno funcionamiento de los distintos sistemas que componen los vehículos en la actualidad, siendo estos activos o pasivos. Para efectivizar el correcto funcionamiento a estos elementos de seguridad, se realizan pruebas de su funcionalidad pero en condiciones ideales bajo ciertas normas internacionales.

El presente proyecto se realizó con el fin de conocer el desempeño del sistema de frenos ABS, en distintos vehículos de diferentes casas comerciales, en caminos irregulares propios de la región Andina; teniendo como antecedente que solo existen pruebas de estos sistemas en condiciones ideales, motivó el estudio y análisis de varios aspectos para obtener datos cuantitativos y comparar los resultados con pruebas internacionales.

El Ecuador por su diversa geografía presenta condiciones de calzada diferente, tanto en zonas rurales como urbanas, por lo que se realiza pruebas de frenado siguiendo los procedimientos establecidos en las normativas internacionales y ajustadas a las superficies de las vías del país.

Actualmente en nuestro país existen organismos que elaboran, emiten y regulan documentos técnicos centrados en la seguridad, no solo de los ocupantes sino también de los transeúntes; considerando que dichas normas no fueron valoradas en nuestra zona geográfica, teniendo la necesidad mediante ensayos estandarizados la valoración de estos sistemas.

Dado que la información existente sobre este tipo de estudio es escasa y son probadas y valoradas en condiciones ideales con un solo tipo de calzada, en este proyecto se desea plasmar el conocimiento empírico, teórico y práctico con sustento científico y tecnológico en condiciones reales propias de nuestra zona geográfica.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. ANTECEDENTES

La historia del automóvil se remonta a fines siglo XVII con la aparición de las máquinas a vapor. Fueron muchos aquellos que incursionaron en el campo del desarrollo de vehículos, los cuales funcionaban a vapor; pero estos motores tenían muchos inconvenientes a costas por lo que se empieza a buscar soluciones y es así que empezó con el desarrollo de los motores de combustión interna. Desde entonces los automóviles han sufrido cambios en sus diseños y tecnologías de funcionamiento y obviamente fabricación; adaptándose a las necesidades y exigencias de los fabricantes y sin descuidar las de los usuarios. Con motores cada vez más potentes las velocidades alcanzadas se incrementan lo que hace que se empiece a mejorar las seguridades del automotor, desarrollándose mecanismos de seguridad activa y pasiva.

El sistema de frenos es un mecanismo de seguridad activa que “permite al conductor la detención del vehículo a su voluntad”¹. Al aplicar los frenos de forma brusca en una situación de emergencia, las ruedas quedan bloqueadas con la consiguiente pérdida de control de vehículo, razón por la cual se inventó el sistema de frenado antibloqueo (ABS por sus siglas en inglés) para tener un frenado más eficiente sin perder el control del automotor.

A nivel mundial, existen organismos especializados encargados de la regularización y estandarización para la industria automotriz. Estos organismos elaboran y emiten reglamentos técnicos sobre los requisitos de seguridad y los requerimientos para realizar la seguridad vehicular. Organismos como UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration), JASIC (Japan Automobile Standards Internationalization Center) son ejemplos de tales entidades. A nivel del país, el

¹Martí Parera, Albert. Frenos ABS. España: Maracobo S.A., 1993.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) es el organismo encargado de elaborar y emitir la reglamentación y normalización de documentos técnicos basados en acuerdos y convenios internacionales.

Para que un vehículo ingrese al Ecuador se establece la homologación vehicular que es “el proceso mediante el cual la Agencia Nacional de Tránsito certifica que un modelo que se pretende comercializar, cumple con todas las normas técnicas de emisión y seguridad que le son aplicables”². Este proceso se efectúa verificando el cumplimiento del Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 034 “Elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores”. En el Instructivo de Verificación de Conformidad para la Homologación Vehicular, acepta los certificados o reporte de pruebas otorgados por laboratorios u organismos que gocen de reconocimiento internacional³.

Ahora bien, se debe considerar que las pruebas efectuadas por los laboratorios son realizadas en condiciones geográficas muy diferentes a las que presenta el Ecuador.

1.2. SISTEMAS DE SEGURIDAD VEHICULAR

Le exigencia de elementos más seguros en la actualidad ha permitido que los fabricantes de vehículos a nivel mundial gasten grandes cantidades de dinero en el estudio y diseño de sistemas de seguridad, tanto pasiva como activa, colocando componentes más eficientes, para que los vehículos estén menos propensos a sufrir accidentes.

Entre los sistemas de seguridad que han ido evolucionando, están los sistemas de freno, que en la actualidad no solo cumplen la función de detener al vehículo sino de brindarle maniobrabilidad, conductibilidad, al momento de encontrarse con diferentes tipos de calzadas, o condiciones geográficas, El freno es considerado como uno de los elementos más importantes y primordiales en el vehículo cuyas partes o instalaciones sirven para disminuir o cambiar la masa vehicular, para

² Agencia Nacional de Tránsito. [En línea] [Citado el: 14 de junio de 2014] http://www.ant.gob.ec/index.php/servicios/transito-12/que-es-la-homologacion-vehicular#.U5zSYEDV_1U.

³ Laboratorios que pertenezcan al Foro Mundial para la Armonización de los Reglamentos sobre Vehículos (WP.29) de la UNECE.

llevar todo el conjunto vehicular en un estado de reposo según la necesidad del conductor, o cuando él lo requiera.

1.2.1. SISTEMA DE FRENOS

Considerado como un elemento esencial en el sistema de seguridad activa, “se tomará a consideración los diferentes conceptos basándose en la norma DIN 70024 y la ISO 611 indicando los diferentes tipos y sistemas que posee un automotor”⁴, y determinar si estos elementos ofrecen su servicio adecuadamente para disminuir la velocidad o el cambio del mismo, y que el vehículo llegue al reposo o mantener el mismo en dicho estado, según la necesidad del conductor. Se considera que absolutamente todos los vehículos poseen sistemas de frenos denominándolos también equipo de frenos, cuyos sistemas se pueden clasificar según el tipo de construcción y el modo de funcionar.

1.2.1.1. Tipos de construcción

Los sistemas de frenos son indispensables y fundamentales en el la seguridad activa, lo que mediante disposiciones legales, y mediante norma ISO 611, se distribuyen en 3 sistemas.

- Sistema de freno de servicio
- Sistema auxiliar de freno
- Sistema de freno de estacionamiento

1.2.1.1.1. Sistema de freno de servicio

El freno de servicio es considerado como el freno principal del vehículo, considerado como un elemento mecánico accionado con el pie derecho en su accionamiento e hidráulico en su funcionamiento como se observa en la figura 1.1. Este sistema actúa sobre todas las ruedas permitiendo disminuir la velocidad del vehículo durante su funcionamiento, con efecto gradual, o detener el vehículo.

⁴ Karl Heinz Dietsche, Manual de la Técnica del Automóvil, Alemania, 2005

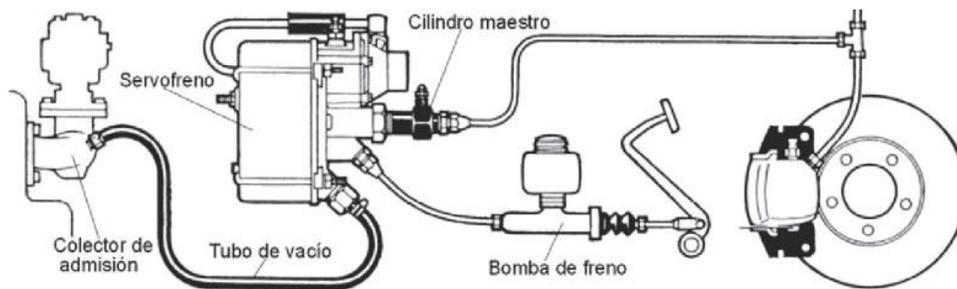


Figura 1.1 Sistema de freno de servicio.

Fuente: Alonso Pérez, J.M. Sistemas de transmisión y frenado. Alemania. 1ª edición 2014.

1.2.1.1.2. Sistema auxiliar de freno

Este sistema, no es muy usual en vehículos en este caso de estudio de tipo M_1 y N_1 que transitan en nuestros distritos, pero la norma DIN 70024 y la ISO 611 determinan que los tengan como requerimientos mínimos de seguridad, por lo que es tema de estudio. Tiene la forma de trabajar de una manera menos efectiva, la función de un freno de servicio siempre y cuando en caso de que este falle.

Este mecanismo no necesita tener un sistema de freno independiente, como un servicio mecánico de mando individual, posee un segundo circuito hidráulico en algunos casos y en otros trabaja mediante un sistema graduable de freno de estacionamiento, y otras con elementos electromagnéticos, que regulan la fricción de los elementos rotacionales de una forma gradual hasta llegar al reposo, llamados retardadores que comúnmente vienen en vehículos de carga.

1.2.1.1.3. Sistema de freno de estacionamiento

En la mayoría de los vehículos ligeros se acciona de forma mecánica para precautelar la seguridad íntegra del vehículo, sus ocupantes y alrededores, cuyo elemento es operado con la mano y mediante un cable acciona los diferentes dispositivos para trabar las ruedas traseras.

Este sistema no dependerá de un sistema funcional, esto significa que por disposiciones legales será independiente y su funcionamiento explícitamente

mecánico, teniendo una unión directa entre el mecanismo de accionamiento y el freno de rueda, actuando solo sobre un eje que por lo general es el trasero.

1.2.1.2. Funcionamiento

El accionamiento del mecanismo de freno, por lo general se lo hace de una forma directa y mecánica al pedal de freno por fuerza muscular. La evolución de éste mecanismo es la multiplicación de la fuerza inicial de aplicación en el pedal hacia el conjunto final que sería en este caso el accionador de las pastillas o zapatas según corresponda, teniendo este sistema accionado por 2 fuerzas comúnmente utilizadas

- Sistema de freno accionado por fuerza muscular
- Sistema de freno accionado por fuerza auxiliar

1.2.1.2.1. Sistema de freno accionado por fuerza muscular

Utilizado este sistema en vehículos hasta finales del año 80 y en motocicletas, significa que la fuerza inicial aplicada al pedal de freno es transmitida mecánicamente, sea esta por varillaje o un cable flexible de accionamiento; o de modo hidráulico mediante cañerías que accionan directamente el conjunto de frenos en las ruedas, esto significa que la energía necesaria para generar la disminución de velocidad depende exclusivamente de la fuerza física del conductor del automotor.

1.2.1.2.2. Sistema de freno accionado por fuerza auxiliar

La evolución de este sistema para que sea más efectivo determinó que es apropiado y adecuado la utilización de otro elemento que ayude a aumentar la fuerza inicial del frenado, utilizando un mecanismo auxiliar sea este por depresión o por fuerza auxiliar, siendo este funcionamiento más suave y efectivo para el conductor del automotor, comúnmente utilizado en nuestro medio en todos los automotores.

1.2.2. NEUMÁTICOS

Considerado físicamente como una pieza toroidal flexible, y en su estructura hecho de caucho, se coloca en las ruedas de diversos vehículos y máquinas. Su función principal es permitir un contacto adecuado por adherencia y fricción con el pavimento, posibilitando el arranque, el frenado y la conductibilidad del automotor. Los neumáticos generalmente tienen alambres muy delgados como hilos que los refuerzan a éstos, y dependen de la orientación los alambres para determinarlos como diagonales o radiales, los de tipo radial es el estándar para casi todos los automotores modernos.

Los vehículos que se estudiarán son de tipo M1* y N1**, que van equipados solo con neumáticos radiales, los de tipo diagonal son importantes solo en motocicletas, bicicletas, maquinaria de movimientos de tierra, vehículos industriales y agrícolas.

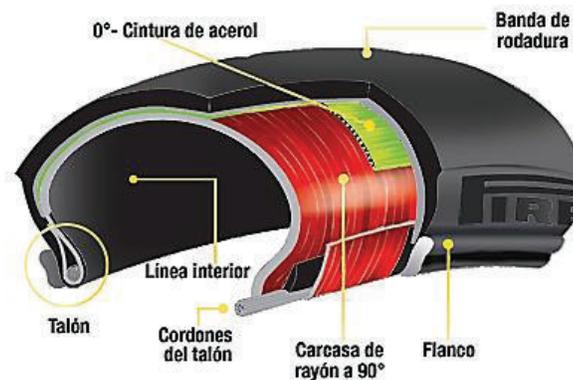


Figura 1.2 Estructura de un neumático.

Fuente: http://www.pirelli.com/tyre/es/es/vehicle/sheet/angel_st.html

Los diferentes grupos de neumáticos en nuestro medio cubrirán parámetros de exigencia según sus condiciones de utilización como, tamaño, velocidad, carga entre los más importantes. Los datos iniciales y principales para el dimensionamiento del neumático, como carga, presiones de aire, velocidades, están nombrados y normados en la estructura del neumático, o según el

* Los vehículos que tengan 3 ó 5 puertas y ventanas laterales detrás del conductor, no excediendo un peso máximo cargado de 3,5 ton., diseñado y construido originalmente para el transporte de pasajeros.

** Vehículos utilizados para transporte de carga y con un peso máximo que no exceda las 3.5. ton. métricas.

fabricante con ese tipo de numeración de neumático todos los parámetros de seguridad activa trabajan eficientemente, ver tabla 1.1.

En cuanto a su estructura, según su técnica y estado de desarrollo, se diferencian varios tipos de diseño de neumáticos. Éstos vienen determinados por diferentes propiedades de uso y de rodadura de emergencia que debe presentar un neumático corriente.

Normas y directrices legales prescriben en qué condiciones tienen que montarse los diferentes tipos de neumáticos, hasta que velocidades puede usarse y a que clasificación corresponden.

Tabla 1.1 Grupo de neumáticos y normas asociadas.

Nº	UTILIZACIÓN DEL NEUMÁTICO	DIN	Wdk (2)
1	MOTOS: Motocicletas, scooters, motos de pequeña cilindrada, motociclos	7801, 7802, 7810	119
2	TURISMOS: Incluidos las combi y ruedas de recambio especiales	7803	128, 203
3	VEHÍCULOS INDUSTRIALES LIGEROS: Incluidas furgonetas	7804	132, 133
4	VEHÍCULOS INDUSTRIALES: Incluidos los de uso múltiple	7805, 7793	134,135,142 143,144,153
5	MÁQUINAS PARA EL MOVIMIENTO DE TIERRAS: Vehículos de transporte, placas cargadoras, excavadoras	7798, 7799	145, 146
6	VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE SUPERFICIE: Incluidos los neumáticos macizos	7811, 7845	171
7	AGRICULTURA: Tractores, máquinas de trabajo, remolques	7807, 7808, 7813	156, 161

Fuente. ETRTO, European tyre and Rim Technical Organization, Bruselas.

1.2.2.1. NORMAS DE LOS NEUMÁTICOS

Los neumáticos poseen varias mediciones de seguridad y trabajo, según los delineamientos europeos y de EE.UU, con ayuda de FMVSS (Federal Motor safety Standard). Tomando como dato importante para el respectivo estudio todo el perímetro y su ancho una banda de rodadura acanalada con una profundidad de perfil 1.6 mm como mínimo, ya que el recorrido de frenado va aumentando exponencialmente a medida que disminuye la profundidad del perfil, ver figura 1.3, esto dependerá mucho del mantenimiento respectivo que se le dé a todo el conjunto de neumáticos, determinando así que el desgaste sea uniforme según su recorrido.

Al montar los neumáticos tomar en cuenta que estén alineados y balanceados, que se use el mismo tipo de neumático en todas las ruedas, es importante observar y medir cuantitativamente el desgaste de la rodadura del vehículo y no dejar que llegue al límite establecido por que pueden ocasionar accidentes.



Figura 1.3 Recorrido de frenado según el desgaste acanalado.

Fuente: BOSCH, Sistema para la estabilización del vehículo, Alemania 2005.

1.2.2.2. Condiciones del neumático al momento del frenado

Al momento que la rueda está girando y se produce el frenado, la rueda tiende a producirse un desgaste por causa del deslizamiento entre la banda de rodadura y la superficie de la vía, la elasticidad del neumático ocasiona que se deforme, según las condiciones atmosféricas el neumático pierde sus características

originando pérdida de energía, considerado también como la diferencia entre la distancia teórica de frenado y la distancia real recorrida por el vehículo.

La fórmula expresa que se produce resbalamiento por frenado, tan pronto como la rueda gira más despacio de lo que corresponde a la velocidad de la marcha, considerado a ésta a la velocidad de la transmisión final producida por la tracción de la caja de cambios al diferencial y esta a los ejes o semiejes de salida, únicamente con esta condición se puede transmitir fuerzas de frenado o de aceleración⁴.

$$\lambda = \frac{(v_F - v_R)}{v_F} \quad \text{Ec.}$$

[1.1]

Dónde:

λ = Deslizamiento.

v_F = Velocidad de marcha [m/s]

v_R = Velocidad periférica de la rueda [m/s]

1.2.3. FUERZAS Y MOMENTOS EN EL VEHÍCULO

1.2.3.1. Principio de inercia

Todo cuerpo tiende a permanecer o se esfuerza por estar en estado de reposo, o a su vez seguir manteniendo un estado en movimiento con velocidad constante, y si se desea aun cambio respectivo de estado debe transmitir o aplicar una fuerza.

1.2.3.2. Momentos

Los momentos del vehículo durante la marcha respecto a las ruedas que giran sobre su propio eje son giratoria consideradas como masas inertes. El momento de inercia que se determina en las ruedas del vehículo aumenta respectivamente

⁴ Karl Heinz Dietsche, Manual de la Técnica del Automóvil, Alemania, 2005.

con el número de revoluciones de éstas, y por consecuencia con la velocidad de marcha.

Al bloquearse los neumáticos que por lo general es en el eje delantero, las fuerzas que interactúan siendo estas las de inercia directamente aplicadas al centro de gravedad y las de adherencia o rozamiento en los neumáticos, proporcionan un momento de guiñada disminuyendo la perturbación lateral. Con estas consideraciones se tiene un sistema estable, lo que significa que dichas fuerzas hace que el vehículo en cierta característica recupere su posición longitudinal, teniendo estabilidad vehicular.

Si el automotor se mantiene estático, la masa vehicular es repartida en los 2 ejes tanto delantero como posterior, con medidas de diseño propio de cada fabricante. Actualmente casi todos los vehículos comerciales poseen un ligero peso en el eje delantero esto se debe por condición de diseño, importante al momento de traccionar en un solo eje. Al tener un menor peso en el eje trasero implica que por condición de diseño se genere una repartición de fuerzas adecuadas para evitar el bloqueo excesivo al momento de frenar y evitar un momento mayor y por consecuencia un accidente. Además cuando se frena “aparece un momento de cabeceo alrededor del centro de gravedad, que genera una transferencia de carga del eje trasero al eje delantero. Esto significa, que no solo el eje trasero es menos pesado que el delantero, sino que además por dinámica vehicular en el eje trasero y siempre que se accione el freno, se va a descargar transfiriendo parte de esa carga al eje delantero”⁵

La transferencia de carga que es producida al momento de frenar en los ejes de automotor son de la parte posterior al eje delantero, y estos dependerán paralelamente del centro de gravedad y la distancia entre ejes., por consiguiente las fuerzas distributivas de frenado serán diferentes, al igual que las fuerzas de aceleración.

“Las diversas situaciones que aparecen en el proceso de frenado influyen en la dinámica del vehículo. Se puede simplificar en efecto de todas ellas como una resultante que se opone al movimiento instantáneo del mismo. Al considerar un sistema de referencia inercial, móvil con el vehículo, aparecerá una fuerza de

⁵ Manual Técnico de Pastillas de freno, SEAT.

inercia sobre el vehículo en el centro de gravedad. Esta fuerza será paralela a la superficie de rodadura y lleva el sentido de avance del vehículo”⁶

1.2.3.3. Fuerzas en el vehículo

Independientemente de las condiciones físicas del vehículo como el peso, estado de marcha, actúan sobre éste, diferentes fuerzas sobre la estructura del chasis o carrocería como se observa en la figura 1.4, siendo éstas las siguientes.

- Fuerza en sentido longitudinal
- Fuerza en sentido transversal

Estos tipos de fuerzas que se experimentan tanto en sentido longitudinal como transversal se transmite a los neumáticos, y estos finalmente a la superficie de contacto o calzada, ya sea por la parte superior o lateralmente, a través del chasis, como es la fuerza del viento; la dirección como es la misma fuerza de la dirección, del motor y la caja de cambios, como es la fuerza motriz, o del sistema de frenado, considerado como la fuerza de frenado.

En cambio en el sentido contrario existen fuerzas que actúan por debajo procedentes de la superficie de contacto sobre los neumáticos y así en el vehículo.

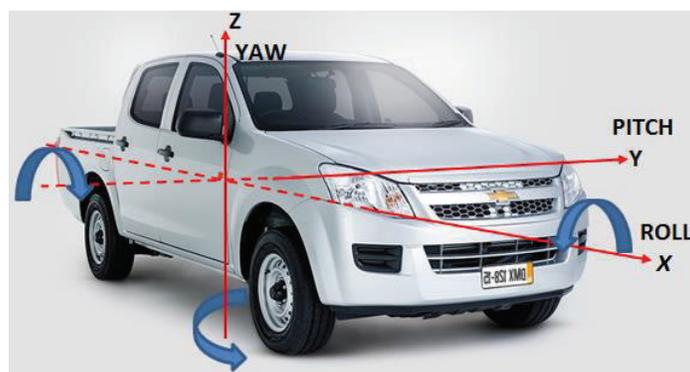


Figura 1.4 Fuerzas y momentos sobre el vehículo.

Fuente: Tamayo J., Reyes G.

⁶ Pablo Luque, Investigación de Accidentes de Tráfico, Netbiblo, España, 2007

Es importante conocer las fuerzas que se ejercen desde el momento mismo que se aplica el pedal pasando por sistemas mecánicos e hidráulicos de accionamiento del sistema de frenos. Entre estas fuerza conocidas para el óptimo funcionamiento tenemos:

- Fuerza de accionamiento (F_C), fuerza de accionamiento que se ejerce al dispositivo de accionamiento.
- Fuerza de apriete (F_S), considerado como la fuerza total que se ejerce en los frenos de fricción sobre un elemento friccionante que, debido al roce resultante, produce la fuerza de frenado.
- Par de frenado, producto entre las fuerzas de rozamiento generadas por la fuerza de apriete y la distancia entre los puntos de aplicación de estas fuerzas, desde el eje de giro de las ruedas.
- Fuerza total de frenado (F_f), suma de las fuerzas de frenado que actúan en la superficie de contacto de todas las ruedas, que se originan por el efecto del sistema de freno y que son contrarias al movimiento del vehículo o a la tendencia de su movimiento.
- Distribución de la fuerza de frenado, fuerza de frenado en cada eje, expresada en porcentaje %, en relación con la fuerza total de frenado (F_t), se considera que en el eje delantero se tiene un 60% con respecto al eje trasero de un 40%.
- Valor característico de freno (C^*) relación entre la fuerza tangencial total y la fuerza de apriete de cada uno de los frenos.

$$C^* = \frac{F_U}{F_S} \quad \text{Ec.}$$

[1.2]

Se considera a (F_U), como la fuerza tangencial total y a (F_S) a la fuerza de apriete. Cuando existen diferentes fuerzas de apriete en cada una de las mordazas de freno (i), se calcula el promedio de la siguiente manera:

$$F_S = \frac{\sum F_S}{i} \quad \text{Ec. [1.3]}$$

- Tiempo de frenado
Este proceso de frenado tiene varios tiempos, definidos con su respectiva referencia a las curvas idealizadas.
- Recorrido o distancia de frenada s , considerada como la distancia que recorre el vehículo durante el tiempo de frenado,
- Trabajo de frenado (W), es determinado como la integral del producto de la fuerza de frenado momentánea F_t y del elemento de la distancia de frenado, a través de dicha distancia de frenado s .

$$W = \int_0^s F_t \cdot ds \quad \text{Ec. [1.4]}$$

- Potencia de frenado momentánea, es la multiplicación de la fuerza de frenado total momentánea (F_t) y la velocidad del vehículo.
- Desaceleración de frenado, Considerado como la reducción de velocidad de marcha provocada por el sistema de frenos en una unidad de tiempo.
- Desaceleración momentánea (a), al dividir la reducción de velocidad, sobre la unidad de tiempo, determinada según la siguiente ecuación.

$$a = \frac{dv}{dt} \quad \text{Ec. [1.5]}$$

- Desaceleración media a lo largo del recorrido de parada (a_{ms}), al obtener la velocidad del vehículo (v_o), en un momento t_o se obtiene la desaceleración media a lo largo del recorrido de parada (s_o).

$$a_{ms} = \frac{v_o^2}{2s_o} \quad \text{Ec. [1.6]}$$

- Desaceleración total media, considerado como el valor medio de la deceleración, en el espacio de tiempo desarrollado.
- Frenado (Z), se considera como la relación entre la fuerza de frenado (F_t) y el peso total elástico (G_s) o también llamado peso total del vehículo sobre el o los ejes del mismo, correspondiendo a la relación entre deceleración de frenado y la aceleración terrestre.

1.2.3.4. Fuerzas de los neumáticos

El componente principal entre el vehículo y la calzada es el neumático, siendo éstos los dispositivos que trabajan directamente para lograr el movimiento y la maniobrabilidad deseada, encontrándose sobre ellos varias fuerzas para su correcto adecuado funcionamiento, como se observa en la figura 1.5.



Figura 1.5 Fuerzas del neumático.

Fuente: http://www.aficionadosalamecanica.net/sistema_abs.htm

- **Fuerza tangencial**

Esta fuerza se produce por la impulsión o el frenado y actúa longitudinalmente sobre la superficie de la calzada.

- **Fuerza de contacto del neumático**

Es la fuerza del neumático y la carretera, vertical a la misma llamada también fuerza normal, determina el peso del vehículo y la distribución a cada rueda, además depende del grado de inclinación ascendente o descendente sobre la carretera.

- **Fuerza lateral y transversal**

Estas se producen al momento de mover la dirección del vehículo o soplar el viento lateral, ocasionando un cambio de dirección. Una fuerza lateral actúa sobre la rueda libremente, la relación entre la velocidad dirigida oblicuamente y la velocidad en sentido longitudinal se denomina resbalamiento transversal o también marcha oblicua.

1.2.3.5. Momentos de frenado

Al presionar el freno, se genera un contacto y una pérdida de energía en la parte final, es decir las zapatas friccionan al tambor, o las pastillas presionan al disco generando una fuerza de rozamiento, el resultado de la fuerza de rozamiento versus la distancia a la que actúan estas fuerzas genera el momento de frenado. Un factor al obtener una eficiencia de frenado es el radio de pivoteamiento, siendo esta la distancia entre el punto de apoyo de la rueda y el punto de intersección de viraje de la rueda sobre la superficie de calzada.

1.2.3.6. Coeficiente de adherencia

Se produce entre el neumático y la superficie de la calzada, es proporcional al momento de frenado, por consiguiente la fuerza de frenado dependerá del estado de la calzada, neumáticos, velocidad de marcha, y condiciones atmosféricas, como se observa en la tabla 1.2. La fuerza de fricción entre neumático y calzada determina la transmisión de fuerza, siendo así que los sistemas de seguridad ABS aprovechan al máximo la adherencia.

Es considerado un elemento importante en la pérdida de adherencia el aquaplaning, llamado así cuando un vehículo pasa por una superficie a alta velocidad cubierta de agua, produciendo falta de tracción y descontrol del vehículo por parte del conductor. Existe también rozamiento en reposo y rozamiento de deslizamiento, esto quiere decir si un neumático que está rodando tiene situaciones en la que el coeficiente de resbalamiento de adherencia es

mayor que el correspondiente al proceso de bloqueo existe deslizamiento o derrape.

Tabla 1.2 Coeficientes de adherencia.

TERRENO	ESTADO DEL TERRENO	NEUMÁTICOS	
		NUEVOS	USADOS
HORMIGÓN	Seco	0,9 – 0,7	0,6 – 0,4
	Mojado	0,6 – 0,4	0,4 – 0,3
ASFALTO GRUESO	Seco	0,9 – 0,7	0,6 – 0,4
	Mojado	0,6 – 0,4	0,4 – 0,3
ASFALTO NORMAL	Seco	0,9 – 0,7	0,6 – 0,4
	Mojado	0,6 – 0,4	0,4 – 0,3
BARRO		0,2	0,1
HIELO		0,1	0,1

Fuente:

http://www.autotecnicatv.com.ar/autotecnica/index.php?kk_seccion=notas_tecnicas&id=16

Se puede observar en la figura 1.6 donde se tiene una zona estable (a), zona inestable (b), cuyas zonas dependen directamente del coeficiente de adherencia del neumático, sea este nuevo o usado, y su fuerza lateral.

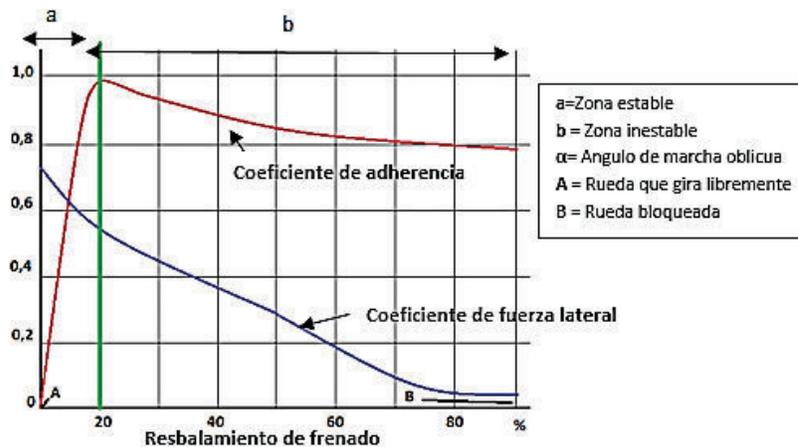


Figura 1.6 Coeficiente de adherencia y fuerza lateral.

Fuente: BOSCH, Sistema para la estabilización del vehículo, Alemania 2005.

1.2.4. FRENOS ABS

Todos los sistemas de seguridad activa y pasiva han evolucionado por el bienestar de los ocupantes, considerados como parámetros importantes al momento de adquirir un vehículo. De esta manera las casas comerciales automotrices han invertido en la seguridad de manejo, siendo una de ellas el sistema de frenos teniendo como diseño de cada fabricante una gran cantidad de tipos con distintos funcionamientos, cuya finalidad es tener frenos más eficientes y seguros, con este objetivo que se creó el sistema ABS.

Es considerado como un dispositivo que evita el bloqueo de las ruedas, al frenar posee un sensor electrónico de revoluciones, instalado en la rueda, detecta en cada instante de la frenada si una rueda está a punto de bloquearse. En caso afirmativo, envía una orden que reduce la presión de frenado sobre esa rueda y evita el bloqueo. El ABS mejora notablemente la seguridad dinámica de los vehículos, ya que reduce la posibilidad de pérdida de control del vehículo en situaciones extremas, permite mantener el control sobre la dirección, dichos estudios solo se los ha realizado sobre superficies afirmadas. Si durante un frenado que presente un riesgo de bloqueo de una o varias ruedas, el ABS tiene

como función adaptar el nivel de presión del líquido de freno en cada rueda con el fin de evitar el bloqueo y optimizar el frenado, teniendo 3 factores importantes en su correcto funcionamiento:

- **Estabilidad en la conducción**, durante el proceso de frenado debe garantizarse la estabilidad del vehículo, tanto cuando la presión de frenado aumenta lentamente hasta el límite de bloqueo como cuando lo hace bruscamente, es decir, frenando en situación extrema.
- **Conductibilidad**, el vehículo puede conducirse al frenar en una curva aunque pierdan adherencia alguna de las ruedas.
- **Distancia de frenado**, es decir acortar la distancia de parada lo máximo posible. Para cumplir dichas exigencias, el ABS debe funcionar de modo muy rápido y exacto (en décimas de segundo) lo cual no es posible más que con una electrónica sumamente complicada, que por lo general se han realizado los diferentes estudios sobre superficies duras o afirmadas.

1.2.4.1. Funcionamiento

La principal función de un sistema de frenos ABS en trabajo normal es impedir que los neumáticos se bloqueen en una frenada de emergencia o sobre una superficie con un coeficiente de adherencia muy bajo o resbaladizo, cerciorando que el vehículo tenga conductibilidad y maniobrabilidad sobre la trayectoria de la calzada.

Ya funcionando el sistema, al momento de bloquearse las ruedas, éstas no son capaces de transferir fuerzas de giro, por lo que el conductor perderá el control del automotor, para evitar que esto ocurra este sistema tiene una unidad de control ABS, que recibe señales de los sensores de velocidad ubicadas en las ruedas quienes controlan la velocidad rotacional en forma individual de todas las ruedas del vehículo, manteniendo una velocidad regulada e igual en todas las ruedas, manteniendo una adherencia y conductibilidad del automotor, estos procesos se los realiza en milésimas de segundo. El conductor estará pendiente del funcionamiento de éste sistema ya que al estar activado el conjunto hidráulico

en fase de aumento y disminución de presión en el pedal de freno se sentirá una ligera palpitación, indicando el correcto funcionamiento del sistema ABS.

Si al frenar se bloquea alguna de las ruedas, en la unidad de control central del sistema antibloqueo una válvula reduce la presión del sistema hidráulico en una fase sobre una de las ruedas, hasta que nuevamente empieza a girar libremente, luego que se detecta velocidad en esta rueda el grupo hidráulico nuevamente emite presión en el sistema hasta bloquearla, lo que permite que el automotor permanezca estable y controlable.

Unos sensores ubicados en las ruedas controlan permanentemente la velocidad de giro de las mismas. A partir de los datos que suministra cada uno de los sensores, la unidad de control electrónica calcula la velocidad media, que corresponde aproximadamente a la velocidad del vehículo. Comparando la velocidad específica de una rueda con la media global se puede saber si una rueda amenaza con bloquearse, si es así, el sistema reduce automáticamente la presión de frenado en la rueda en cuestión hasta alcanzar un valor umbral fijado por debajo del límite de bloqueo. Cuando la rueda gira libremente se vuelve a aumentar al máximo la presión de frenado, solo una gira que rueda puede generar fuerzas laterales y, consecuentemente, cumplir funciones de guiado. Este proceso (reducir la presión de frenado / aumentar la presión de frenado) se repite hasta que el conductor retira el pie del freno o disminuye la fuerza de activación del mismo y el conductor solo nota un ligero efecto pulsante en el pedal del freno, como se observa en la figura 1.7.

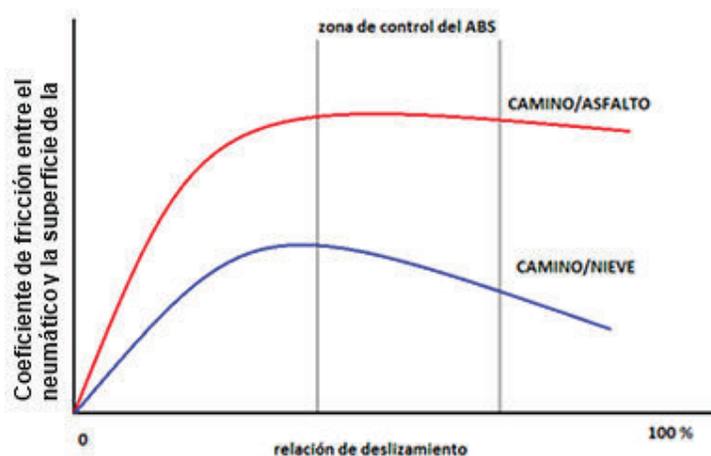


Figura 1.7 Zona de eficiencia del ABS.

Fuente: BOSCH, Sistema para la estabilización del vehículo, Alemania 2005.

1.2.4.2. Operación del sistema ABS

El sistema ABS, tiene como acción principal evitar el bloqueo de las ruedas si existe una condición de freno de emergencia, este principio se obtiene gracias a que el sistema modula la presión hidráulica en el sistema de frenos.

Muchas son las condiciones por la que puede bloquearse los frenos, y de ello también dependerá la fuerza con la que se aplique en el pedal de freno. De estos entornos se genera la activación del sistema ABS, o de una acción repentina o un obstáculo que el conductor encuentre en el camino. Los ensayos realizados para valorar los sistemas de freno ABS para su correcta activación son hechos en camino con adherencia mojada y con hielo.

Otra condición es que en caminos con una superficie irregular el sistema de frenos ABS impida que en el vehículo las ruedas pierdan adherencia y derrapen, permitiendo que el conductor tenga maniobrabilidad y control del automotor al momento de aplicar el pedal de freno en forma brusca o en condición de pánico, permitiendo que el sistema de frenos con ayuda de la electrónica controle de una forma eficaz la fuerza de frenado distribuyendo la presión de freno en cada uno de los neumáticos permitiendo el control del vehículo.

El sistema de frenos ABS, opera inicialmente con un freno común accionando mecánicamente a un servo y una bomba, para prevenir el bloqueo inesperado de las ruedas. A medida que el vehículo va adquiriendo velocidad, con valores mayores a 7 km/h y esto depende del sistema que posea cada vehículo y su electrónica, la presión hidráulica en cada una de las ruedas es controlada de una forma eficaz para que el conductor pueda controlar y maniobrar el vehículo.

El vehículo tiene varios módulos para su funcionamiento, no solo en el sistema de inyección electrónica, el sistema ABS posee un módulo de control electrónico que controla independientemente el sistema de frenos llamado EBCM, módulo de control electrónico de frenos, éste módulo controla y calcula la velocidad de las ruedas en forma independiente para regular e igualar las revoluciones durante el frenado evitando el desplazamiento y derrape de las ruedas permitiendo conductibilidad, maniobrabilidad y estabilidad del vehículo al momento de una frenada brusca o de emergencia.

1.2.4.3. Elementos del sistema ABS

El sistema de frenos ABS, posee varios elementos para que trabaje de una forma eficiente, utilizando la electrónica como primera instancia para regular y controlar la presión de frenado aplicada a cada una de las ruedas, para ello es necesario obtener datos de los sensores de velocidad ubicados en cada una de las ruedas, un módulo de control electrónico que calcule los datos de entrada, y una unidad del control hidráulico quien regula la presión de frenado a cada cilindro o caliper en cada rueda.

1.2.4.3.1. Sensores de velocidad de giro de las ruedas

Estos elementos también llamados sensores inductivos o efecto hall tienen la función de detectar la velocidad individual en cada rueda, según la disposición del fabricante, o conjuntamente en la corona posterior. Con estos valores obtenidos se puede calcular el resbalamiento entre la rueda y la calzada, determinando así la funcionalidad a bloquear la rueda para tener un freno eficiente. En la figura 2.8 se puede observar el esquema de un circuito de frenos con ABS, que es igual al circuito de frenos convencional al que se le ha añadido un hidro-grupo, una centralita electrónica de mando y unos detectores de régimen (RPM) a cada una de las ruedas, estos elementos forman el sistema ABS.

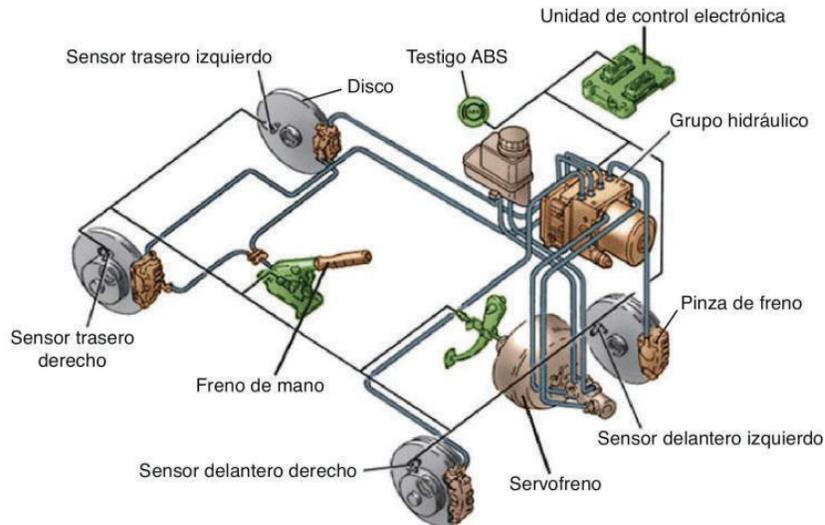


Figura 1.8 Esquema del sistema ABS.

Fuente: Domínguez, E. Elementos Amovibles. Editex. México 2008.

Los sensores en forma general captan una variable física y la transforman en variable eléctrica, lo que los sensores de velocidad ubicados en cada una de las ruedas miden la velocidad en forma de revoluciones individualmente de cada rueda, instalados según el fabricante junto a la manzana de las ruedas o junto a un engranaje de la corona o diferencial si posee tracción trasera, o una combinación de los dos.

A medida que el vehículo adquiere velocidad, el sensor de velocidad llamado VSS, capta las revoluciones generadas en la rueda, con ayuda de un sistema mecánico o piñón conocido como una rueda fónica, estos dientes metálicos son detectados por un sensor análogo y transfiere la información de la velocidad de las ruedas al módulo independiente del ABS, éste módulo con ayuda de la electrónica controla y ejecuta comandos para mantener el vehículo maniobrable, con presiones reguladas en cada una de las ruedas, al momento de presionar el pedal del freno en condición de pánico.

Estos tipos de sensores pueden ser inductivos o de efecto hall, o también conocidos como sensores análogos o digitales, la diferencia radica en la forma de captar la señal, mediante inducción magnética las señales de salida serán cuadradas o sinusoidales, en el sensor posee un imán permanente que capta la señal al momento de juntarse el sensor con la parte metálica del diente de la rueda fónica o piñón, estas señales se dirigen hacia la computadora que controla el sistema de

presión de frenado o llamado EBCM, están ubicados en la manzana de las ruedas, lo más cercano al eje final de salida, como se observa en la figura 1.9

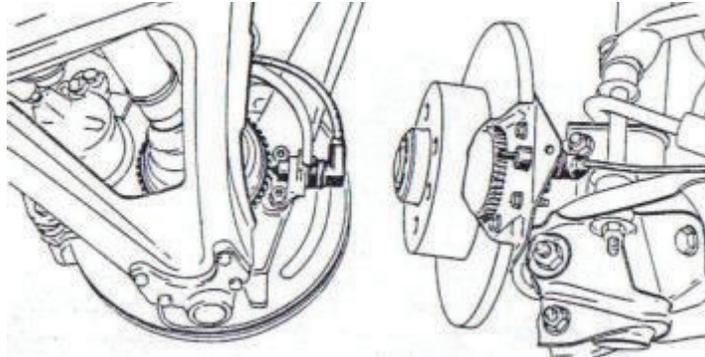


Figura 1.9 Ubicación del sensor de velocidad.

Fuente: Mazda Motor Corporation. Manual de Servicio Mazda BT-50. Suspensión y Frenos. 2008.

Entre los sensores de velocidad existe los activos, éstos tienen la característica de poseer un cable de alimentación para su funcionamiento, este voltaje será de 5 o 12 voltios dependiendo del fabricante, la ventaja de este sensor radica en la señal que es digital lo que permite tener una señal de velocidad instantánea a bajas velocidades.

1.2.4.3.2. Unidad de control

Como toda centralita procesa las informaciones obtenidas de los diferentes sensores, con determinados métodos de cálculo matemático, cuyo resultado es enviado a la activación del grupo hidráulico.

Este sistema electrónico digital, conocido como EBCM o módulo de control electrónico de frenos, éste módulo es el interfaz entre los sensores y el grupo hidráulico, quien en su memoria interna según las necesidades de los neumáticos y en condición de frenado determina que la necesidad de mantener modulado la presión de frenos en cada una de las ruedas.

El módulo de control electrónico regula y redirige el fluido de frenos según lo requiera a cada una de las ruedas, la presión de los frenos aumenta o disminuye según la información que respecta la EBCM de las señales de entrada de los

sensores de velocidad, para finalmente modular la presión de frenado en cada una de las ruedas e impedir el bloqueo de las mismas. El módulo de control del sistema ABS recoge las señales electrónicas de los sensores de velocidad sean estas análogas o digitales dependiendo del fabricante de cada una de las ruedas, sus funciones son.

- Compara y calcular las velocidades de las ruedas de forma independiente.
- Captar la velocidad del vehículo de una sola rueda, en algunos vehículos del eje de la corona o diferencial, ubicado en la salida de la caja de cambios.
- Determina cuando las ruedas están bloqueadas.
- Activa el sistema de frenos antibloqueo.
- Sectoriza alguna falla en el sistema gracias al sistema de autodiagnóstico.
- Almacena los códigos de servicio en su memoria.

Internamente está constituido por un microprocesador quien es el que realiza mediante modelos matemáticos ya diseñados los cálculos para controlar el grupo hidráulico.

De igual manera guarda su información si existe algún fallo en el sistema para su reparación.

El módulo va junto al grupo hidráulico, quien va conectado un socket de alimentación y recepción de las señales de entrada, como se observa en la figura 1.10

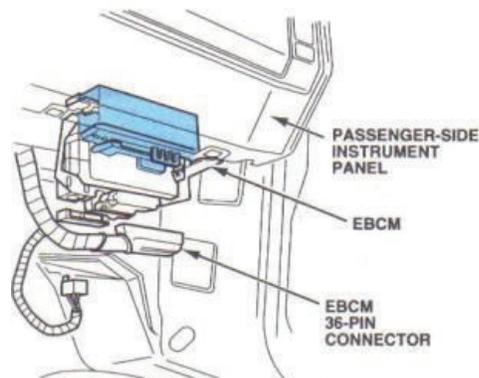


Figura 1.10 Ubicación del EBCM

Fuente: Manual de Servicio Suzuki GRAND VITARA H25. Sistema de Frenos Antibloqueo.

2008.

Las válvulas electromagnéticas quienes comandan el funcionamiento del sistema de frenos ABS están ubicadas en el grupo hidráulico, formando una unidad de control de válvulas quienes son activados según su necesidad por medio de un controlador de intensidad de corriente y una etapa de potencia. Las señales de activación son captadas y enviadas de tal manera que cuando exista un frenado de pánico el vehículo no derrape y no tenga un giro que produzca inestabilidad, garantizando al conductor su maniobrabilidad en cualquier escenario.

1.2.4.3.3. Grupo hidráulico

Este sistema, también llamado hidro-grupo, posee unas electroválvulas que pueden interconectar o interrumpir los conductos hidráulicos entre el cilindro principal y los cilindros de freno de la rueda, además existe comunicación entre los cilindros de las ruedas y la bomba de recirculación. La válvula de entrada entre el cilindro principal y el cilindro de freno de la rueda se encarga de la formación de presión

El hidro-grupo o unidad hidráulica es un conjunto formado por motor-bomba, ocho electroválvulas, cuatro de admisión y cuatro de escape, y un acumulador para el fluido hidráulico de baja presión.

Las electroválvulas están constituidas de un solenoide y de un inducido móvil que desarrolla las funciones de apertura y cierre. La posición de reposo es asegurada por la acción de un muelle incorporado. Todas las entradas y salidas de las electroválvulas van protegidas por unos filtros.

Con el objeto de reducir la presión de los frenos se incorpora una válvula anti-retorno a la válvula de admisión. La válvula se abre cuando la presión de la bomba de frenos sea inferior a la presión de estribo, por ejemplo, cuando se deja de frenar estando el ABS funcionando.

El circuito de frenado está provisto de dos electroválvulas de admisión abiertas en reposo y de dos electroválvulas de escape cerradas en reposo. Será la acción separada o simultánea de las electroválvulas la que permitirá modular la presión en los circuitos de frenado.

La unidad de control hidráulica capta y compara las señales con el módulo de control electrónico ABS, para luego en el grupo hidráulico aumentar o disminuir la

presión en el sistema de frenos, esto significa que los solenoides o válvulas hidráulicas reducen o mantienen la presión y el flujo del líquido de frenos. El elemento electrónico conocido como motor bomba es energizado para mantener presurizado el sistema restaurando el flujo del líquido cuando el módulo de control del ABS determina que las ruedas ya no se van a bloquear, como se observa en la figura 1.11



Figura 1.11 Grupo hidráulico.

Fuente: Tamayo J, Reyes G.

La bomba motor es utilizada en algunos casos para generar presión desde el depósito del líquido hacia las ruedas cuando éstas están a punto de bloquearse, dependiendo del tipo del vehículo y la tecnología que posee y evitar que se bloqueen, esta contrapresión se puede sentir en el pedal de freno, indicando que el sistema está trabajando en óptimas condiciones.

La unidad de control hidráulica acciona las válvulas hidráulicas con ayuda de los solenoides para mantener, regular la presión del fluido que es enviada de la bomba principal hacia los cilindros o mordazas a cada una de las ruedas según su necesidad.

Si las velocidades de entrada de los sensores son diferentes y la EBCM recepta una señal indicando que una de las ruedas está desacelerándose muy rápido, se acciona en el grupo hidráulico las válvulas quienes controlan y distribuyen la presión de frenado en forma independiente a cada una de las ruedas, manteniendo maniobrabilidad y conductibilidad. En la Figura 1.12 se puede observar la acción

de un grupo de electroválvulas para el control antibloqueo de una rueda en la unidad de control hidráulico.

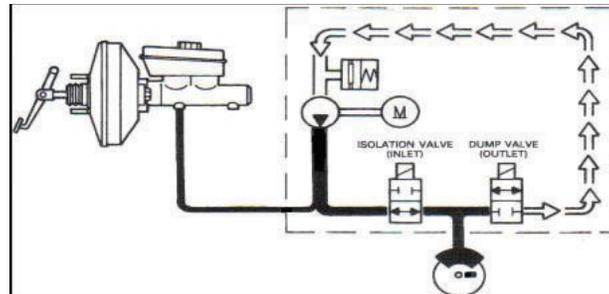


Figura 1.12 Circulación de presión del líquido.

Fuente: Mazda Motor Corporation. Manual de Servicio Mazda BT-50. Suspensión y Frenos. 2008.

1.2.4.3.4. Equipo motor-bomba

Está constituido por un motor eléctrico y de una bomba hidráulica de doble circuito, controlado por la unidad de control de bloqueo. La función de este equipo es rechazar el líquido de freno durante la fase de regulación desde el conjunto hidráulico hasta los cilindros de frenos.

1.2.4.4. Requerimientos para el funcionamiento del ABS

EL sistema de frenos, al ser considerado un elemento de gran importancia debe cumplir un sinnúmero de exigencias de seguridad como es la dinámica de frenado y de la técnica de los equipos de freno.

1.2.4.4.1. Estabilidad de la marcha y maniobrabilidad

La regulación del frenado debe asegurar la estabilidad y maniobrabilidad en cualquier estado de la calzada.

El ABS aprovechará al máximo en su totalidad el coeficiente de adherencia de las ruedas y la calzada al frenar, teniendo prioridad la estabilidad de marcha y la maniobrabilidad ante una eventualidad en el recorrido del frenado, sin tener

importancia la fuerza con que aplica el pedal de freno o si aumenta la presión lentamente hasta el límite de bloqueo

La regulación del frenado ha de adaptarse a los cambios de adherencia ocasionadas por la calzada, según la condición física o geográfica en la que se encuentre, sin perjudicar la estabilidad en la marcha ni la maniobrabilidad, y el aprovechamiento de la adherencia sobre la calzada seca será lo mayor posible.

Al frenar sobre superficies de diferentes coeficientes de fricción, el conductor no debe perder su conductibilidad, ya que los llamados momentos de guiñada (momentos de giro alrededor del eje vertical del vehículo) debe aumentar con la suficiente lentitud para que el conductor pueda compensarlos sin esfuerzo girando la dirección al lado contrario.

Al frenar en las curvas, el vehículo tiene que mantenerse estable sin perder la maniobrabilidad, realizando un recorrido corto, mientras el vehículo disminuye paulatinamente su velocidad hasta llegar a detenerse.

De la misma forma sobre superficies onduladas irregulares por sus condiciones físicas, como por ejemplo el empedrado, en cualquier condición o intensidad de frenado debe cumplir la exigencia de estabilidad de marcha, maniobrabilidad y eficiencia de frenado.

1.2.4.4.2. Eficacia de regulación

Esta regulación se basa en que a cualquier velocidad incluso la del paso humano (2,5 km/h), el freno ha de trabajar en todo margen de velocidad de un vehículo. Si a una baja velocidad se bloquean las ruedas, el recorrido restante del vehículo hasta la parada no será crítica.

1.2.4.4.3. Conducta en función del tiempo

Una función del sistema de frenos en la manipulación u oscilación del pedal del freno, llamada también como histéresis, tratando de evitar en gran medida un crecimiento de oscilaciones del vehículo por vibraciones de la suspensión específicamente en la rueda.

1.2.4.4.4. Fiabilidad

Como todo circuito de un sistema electrónico, este elemento posee una lámpara de aviso informando al conductor la existencia de una anomalía en el sistema, al momento de detectar un problema en el sistema automáticamente se desconecta para tener un freno común sin ABS. Precautelado que electrónicamente no se trabe algún elemento interno y ocasione una deficiencia al momento de frenar.

1.2.4.5. Ciclo del funcionamiento del sistema ABS

La velocidad de la rueda es captada por un sensor ubicada en cada una de las ruedas sea este inductivo o de efecto hall según la disposición del fabricante, enviando dicha señal a la centralita del ABS, proporcionando datos de velocidad llamada también velocidad de referencia, que constituye aproximadamente la velocidad del vehículo. Mediante la comparación de la velocidad de la rueda y la velocidad de referencia se deducen señales de deslizamiento. Dichas señales se forman cuando, al frenar o acelerar, se transmiten fuerzas de fricción entre los neumáticos y la calzada, que ejercen un efecto de frenado sobre la rueda que gira en el momento de frenar. Entonces se forma un deslizamiento (d), es decir, la rueda gira más lentamente que la velocidad del vehículo.

Las distintas curvas de deslizamiento dependen de la calzada, de los neumáticos, la velocidad del vehículo, la carga de la rueda y el ángulo de marcha oblicua en un trayecto por curvas.

El movimiento de cada una de las ruedas viene controlado gracias a una comparación continua entre el retardo y la aceleración de la rueda por una parte, es decir; de su deslizamiento y los valores almacenados en la electrónica por otra. Si se constata un valor de retardo mayor al prescrito, la rueda que se bloquea, comienza el proceso de regulación.

Los sensores de velocidad proporcionan las señales correspondientes para la unidad de control y ésta, a su vez, da las "órdenes" al grupo hidráulico para mantener, aumentar o disminuir la presión. Estas fases de regulación se repiten durante un frenado regulado en una sucesión de 4 a 10 veces por segundo y continúan hasta que se para el vehículo.

Esta disminuye con el tiempo, de modo proporcional hasta alcanzar la velocidad de la rueda, con lo que se determinan valores de deslizamiento, con base a la figura 1.13.

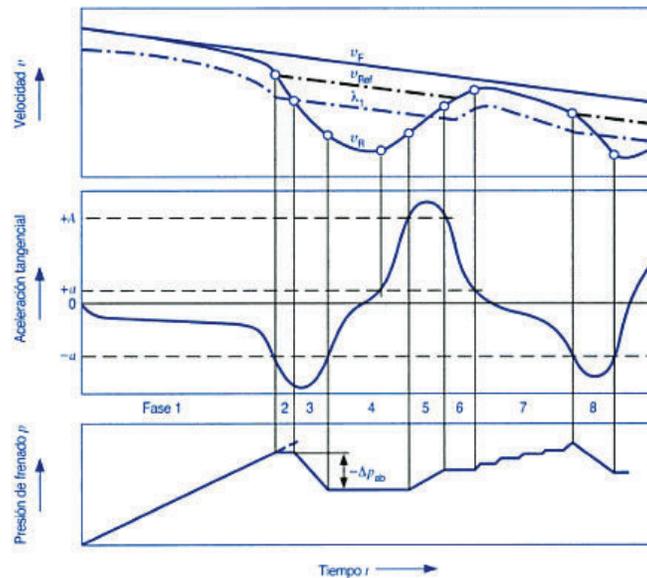


Figura 1.13 Regulación de frenado con diferentes coeficientes de frenado.

Fuente: BOSCH, Sistema para la estabilización del vehículo, Alemania 2005.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 034, en su tercera revisión a entrar en vigencia en mayo de 2016, dispone que los vehículos de clase M1* y N1** deberán estar equipados con sistemas de frenos ABS.

El reglamento nacional se basa en la Regulación ECE N° 13-H “Disposiciones uniformes relativas a la aprobación de los vehículos automóviles de pasajeros en lo relativo al frenado”. También han de considerarse las normativas 49 CFR 571 Estándar N° 135 “Sistema de frenos en vehículos ligeros” y la normativa 49 CFR. 571 Estándar N° 105 “Sistema de frenos eléctricos e hidráulicos”.

Todas ellas aportan con las respectivas pruebas de funcionamiento que se aplican a los automotores para garantizar su normal operación y su correcto

* Los vehículos que tengan 3 ó 5 puertas y ventanas laterales detrás del conductor, no excediendo un peso máximo cargado de 3,5 ton., diseñado y construido originalmente para el transporte de pasajeros.

** Vehículos utilizados para transporte de carga y con un peso máximo que no exceda las 3.5. ton. métricas.

desempeño. Cada una de ellas contiene las condiciones generales que debe cumplir un vehículo antes y durante las pruebas de funcionamiento del sistema de frenos, en especial cuando vienen equipados con el sistema ABS. Dentro de las pruebas de funcionamiento se destacan las superficies de pruebas de frenado, en vista que ésta debe cumplir ciertas características que lamentablemente no se encuentran en las vías del país.

Por otro lado el 19,8 % de la red vial total del Ecuador está pavimentado, mientras que, el 51,6 % corresponden a vías de tercer orden y caminos vecinales. La red vial contempla vías cuya capa de rodadura va desde tierra simple, recubrimiento de piedra o grava, pavimento, asfalto hasta hormigón.

El tipo de capa de rodadura que se tiene en el 51,6% de la red vial del país no es contemplada en ninguna de las normativas y regulaciones arriba expuestas; razón por la cual es de suma importancia determinar el comportamiento del sistema de frenos con antibloqueo en este tipo de superficies, debido a que estas son vías que conectan cabeceras de parroquias y zonas de producción con los caminos de primer orden en la red nacional.

Para determinar el desempeño del sistema ABS en este tipo de caminos, se selecciona el segmento de vehículos que sea más apto para transitar por estas vías, de acuerdo al grado de accesibilidad que éstos tengan para el transporte de carga y de productos; razón por la cual el segmento de camionetas es el tipo de vehículos más opcionados para el efecto.

En la tabla 1.3, se tienen datos proporcionados por el anuario 2013 de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), en la cual se indica la participación del mercado automotriz del país.

La tabla 1.4, muestra el número de unidades vendidas en el 2013 el segmento de camionetas con su marca líder en el mercado, seguido de sus competidores.

En base a estos datos, se consideran los modelos más vendidos en el país por las casas comerciales que lideran el mercado automotriz del Ecuador.

Tabla 1.3 Participación del mercado del sector automotriz 2013.

Marca	Participación	Unidades
Chevrolet	44,10%	50.195
Kia	10,81%	12.300

Hyundai	8,46%	9.629
Nissan	5,78%	6.576
Toyota	5,65%	6.425
Mazda	5,63%	6.402
Ford	3,59%	4.086
Hino	3,28%	3.735
Renault	2,23%	2.533
Volkswagen	1,62%	1.846
Great Wall	1,48%	1.688
Chery	1,00%	1.134
Otras	6,38%	7.263
Total	100%	113.812

Fuente: Anuario 2013 AEADE.

Tabla 1.4 Vehículos más vendidos del segmento camionetas 2013.

Marca	Modelo	Unidades
Chevrolet	Luv D-Max	6.154
Mazda	BT-50	5.839
Toyota	Hilux	3.131
Chevrolet	D-Max	2.898
Ford	F-150	1.310

Fuente: Anuario 2013 AEADE.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE NORMATIVAS Y REGULACIONES INTERNACIONALES

El día 16 de julio de 2014, en la ciudad de Quito, se realizó la “1° Jornada Iberoamericana de Seguridad Vial”⁷, y todos los participantes, en la cual se incluye al Ecuador, declaran que se debe implementar normas técnicas de la ONU obligatorias para los vehículos en cuanto a protección de ocupantes y tecnologías para evitar accidentes se refiere. Es así que al seguir el llamamiento de “La Comisión para la Seguridad Vial Mundial a favor de un Decenio de Acción para la Seguridad Vial”⁸, emitido en su informe de 2009 y por resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas, en marzo 2010; se establece el período del decenio de la seguridad, en el cual los países miembros apoyarán a la realización de actividades coordinadas que brinden un apoyo a la seguridad vial. Dichas actividades se fundamentan en cinco pilares fundamentales que son:

- 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.

El pilar 3 alienta un despliegue universal en mejoras de tecnologías aplicadas a los vehículos en cuanto a seguridad pasiva y activa se refiere, de tal forma que se alienten a los estados miembros de las Naciones Unidas a que apliquen y promulguen las reglamentaciones de seguridad sobre los vehículos.

El Ecuador, en su afán de ser un referente de seguridad vial para la región Iberoamericana y del Caribe, en la 165° reunión del Foro Mundial de las Naciones Unidas para la Armonización de las Reglamentaciones sobre Vehículos (WP 29) “a través del Subsecretario de Transporte Terrestre y Ferroviario, resaltó que contar con vehículos más seguros es uno de los elementos estratégicos para la

⁷ Paredes, N. (28 de 04 de 2015). Centro de Apoyo a Víctimas de Accidentes de Tránsito Nicole Paredes. Obtenido de <http://www.cavat-nicoleparedes.org/?p=195>

⁸ OMS . (26 de Septiembre de 2014). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de http://www.who.int/roadsafety/decade_of_action/plan/spanish.pdf

gestión de la seguridad vial desde una visión integral”⁹. Durante el encuentro, el Ecuador informó al Foro que se han incorporado normativas ECE, razón por la cual se establece el Proyecto de Reforma al RTE. INEN 034 (3R) “Elementos mínimos de seguridad para vehículos automotores”, la cual toma como documentos de referencia, a las normativas y regulaciones internacionales tales como la Reglamentación Técnica UNECE 13H de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa; mientras que en la segunda revisión del mismo reglamento, se indica que en caso de no existir Norma Técnica Ecuatoriana RTE. INEN para determinados tipos de pruebas para la homologación vehicular, se deben utilizar las normativas o directivas vigentes que sean aplicables para la evaluación de los vehículos automotores. En virtud de ésta indicación, se puede mencionar las Regulaciones del Código Federal para la Homologación de Seguridad Vehicular, de los Estados Unidos de América (CFR. 49-571).

Se estima que estas normativas y regulaciones han sido consideradas como fuentes de referencia, por la larga trayectoria de cada una de las entidades que las emiten. Por ejemplo, La Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, UNECE o ECE por sus siglas en inglés; es una de las cinco comisiones regionales bajo la dirección administrativa de las Naciones Unidas. Tiene 56 estados miembros del continente Europeo y Asiático, cuya división de Transporte (WP.29) se encarga de realizar, emitir y normalizar regulaciones para el Foro Mundial de las Naciones Unidas en materia de seguridad para vehículos de transporte.

Las Regulaciones del Código Federal (CFR. por sus siglas en inglés) son ampliamente utilizadas por la National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA; el cual es un organismo gubernamental de los Estados Unidos que ha impulsado innovaciones de seguridad vehicular durante más de 30 años, cuya “misión es salvar vidas, prevenir lesiones y reducir costes económicos debido a los accidentes de tránsito, a través de la educación, la investigación, las normas de seguridad y la actividad de aplicación”¹⁰.

⁹ Ministerio del Transporte y Obras Públicas. (28 de abril de 2015). Obtenido de <http://www.obraspublicas.gob.ec/ecuador-presente-en-la-reunion-del-foro-mundial-para-la-armonizacion-de-las-regulaciones-vehiculares/>

¹⁰ ADMINISTRATION, N. H. (10 de julio de 2014) NHTSA Web APIs. Obtenido de <http://www.nhtsa.gov/webapi/Default.aspx?SafetyRatings/API/5>

Por lo tanto, basados en el tercer pilar del Decenio de la Seguridad y las referencias en las cuales se basa el Reglamento Técnico ecuatoriano RTE. INEN 034, las siguientes normativas y regulaciones servirán como guías para la elaboración del presente proyecto. Dichas regulaciones y normativas son:

- Regulaciones del Código Federal para la Homologación de Seguridad Vehicular, de los Estados Unidos de América (CFR. 49-571).
- Reglamentación Técnica UNECE 13-H de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa – “DISPOSICIONES UNIFORMES RELATIVAS A LA APROBACIÓN DE LOS VEHÍCULOS AUTOMÓVILES DE PASAJEROS EN LO RELATIVO AL FRENADO”

2.1. NORMA 49 CFR. PARTE 571 ESTÁNDAR N° 105 SISTEMA DE FRENOS HIDRÁULICOS Y ELÉCTRICOS.

La norma 49 CFR. Parte 571 N° 105, tiene como propósito garantizar un rendimiento de frenado seguro del vehículo en condiciones normales y de condiciones de conducción de emergencia. Esta norma se aplica a los vehículos multiuso de pasajeros, camiones y autobuses con un peso bruto vehicular de 3.500 kilogramos o menos, los cuales vienen equipados con sistema de frenos eléctrico e hidráulico; adicionalmente se especifica también los requisitos que deben cumplir los automóviles para las pruebas a realizarse para aquellos modelos que fueron fabricados antes de septiembre del año 2002.

En esta normativa, se encuentra un mejor detalle en cuanto a los procedimientos de pruebas en comparación con la 49 CFR. Part 571 N°135.

A lo largo del documento se encuentran las definiciones generales utilizadas en cada uno de los párrafos de la normativa, los requerimientos que debe cumplir el vehículo de pruebas en cuanto al equipamiento del sistema de frenos, requisitos, procedimientos y secuencia de las pruebas de frenado. Dentro de todos los requisitos que esta normativa contiene, se realiza de forma breve el requisito que se encuentra en el párrafo S5.5 Antibloqueo y sistema de frenos de dosificación variable, entre las cuales se menciona que aquellos vehículos que tengan un peso mayor a 4500 kg pero que no excedan los 8850 kg y que hayan sido

manufacturados antes de marzo del año 2001, el sistema de frenos antibloqueo deberá controlar también las ruedas del eje posterior del vehículo. También se hace mención a que en caso de que el sistema ABS presente fallas en su normal funcionamiento, el vehículo no debe perder la capacidad de detenerse con el sistema de frenos convencional.

Acerca de las condiciones de pruebas, primero se referencia al peso que debe tener el vehículo incluyendo al conductor y el equipo utilizado para realizar las mediciones.

En cuanto a la superficie de frenado, la vía de pruebas debe estar nivelada, tener un ancho de 3,66 m y un grado de adherencia de 81 determinados bajo la norma ASTM E 1136. Adicionalmente se detalla la posición del vehículo sobre la vía al momento de realizar las pruebas y bajo qué condiciones se admiten que las ruedas se bloqueen al momento de frenar.

Finalmente se expone de manera clara las secuencias de las pruebas a realizarse en el párrafo S7. Procedimiento y secuencia de pruebas de la presente normativa, en la cual indica el procedimiento para calentar los frenos del vehículo para someterlo a las pruebas de efectividad del sistema de frenos y como debe comportarse el vehículo en las pruebas.

2.2. NORMA 49 CFR. PART 571 ESTÁNDAR N° 135 SISTEMA DE FRENOS EN VEHÍCULOS LIGEROS

La norma 49 CFR. Parte 571 N° 135, tiene como propósito garantizar un rendimiento de frenado seguro en condiciones normales y de condiciones de conducción de emergencia. Esta norma se aplica a los vehículos de pasajeros fabricados antes de septiembre del año 2000 como a los fabricados en años posteriores; aplicados también a vehículos multiuso de pasajeros, camiones y autobuses con un peso bruto vehicular de 3.500 kilogramos o menos.

En este documento se especifica los requisitos que deben cumplir los automóviles para las pruebas a realizarse, tanto al freno de servicio como al sistema de freno de estacionamiento.

En los párrafos iniciales se encuentran definiciones generales utilizadas a lo largo del documento, los requerimientos y las condiciones de pruebas a las que han de

someterse los automotores para su respectiva evaluación y posterior homologación vehicular, muy similar a la normativa 49 CFR. Parte 571 N°105. Presenta también, las condiciones generales, secuencia y procedimiento de pruebas, ajustes y reparaciones a las cuales se han de someter al vehículo antes de realizar las pruebas para un óptimo desempeño del sistema de frenos. Además presenta también, la instrumentación para la medición de magnitudes físicas necesarias involucradas en el procedimiento de pruebas, para la obtención de resultados.

En cuanto a las condiciones y procedimientos de prueba en carretera, se puede destacar que los vehículos a ser evaluados deben cumplir con aspectos al igual que el lugar donde se efectúan las mismas. Dentro de estos parámetros se pueden mencionar que la superficie de prueba en carretera, la cual debe ser pavimentada y presentar un coeficiente de fricción pico (PCF por sus siglas en inglés) igual a 0,9 medido según la norma ASTM E1136. La vía no debe tener una pendiente mayor al 1% y el ancho de carril debe tener 3,5 m.

En cuanto al desempeño del ABS, de acuerdo al documento 49 CFR. Ch. V (10-1-11 Edición), en el párrafo S7.3. Desempeño ABS es reservado el proceso de pruebas, sin embargo; de acuerdo al documento emitido por la NHTSA/NVS-312 NHTSA Desarrollo de pruebas del desempeño del ABS en vehículos ligeros; se tiene un panorama de cómo se realizaron las pruebas de desempeño del sistema en el vehículo, que se puede asumir como el procedimiento de la presente normativa.

En este reporte final, el cual fue elaborado por un grupo de investigadores de la NHTSA y del Centro de Investigación de Transporte; se detalla las pruebas realizadas a un grupo de vehículos, los cuales se sometieron a pruebas contempladas en la regulación ECE 13-H que permiten evaluar el desempeño del sistema de frenos antibloqueo.

Para finalizar la breve descripción de esta normativa, es importante considerar algunas variables involucradas al momento de realizar las pruebas en carretera, las cuales sirven para parametrizar y analizar los resultados de las mismas; siendo las más importantes las que a continuación se detallan:

- Velocidad del vehículo

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

Estas variables deben ser medidas y registradas automáticamente para la obtención de datos necesarios para cuantificar todas aquellas variables que se contemplan también en la regulación ECE 13-H.

2.3. REGULACIÓN N° 13-H DISPOSICIONES UNIFORMES RELATIVAS A LA APROBACIÓN DE LOS VEHÍCULOS AUTOMÓVILES DE PASAJEROS EN LO RELATIVO AL FRENADO

La regulación ECE 13-H, es una regulación de la UNECE aplicada al frenado de vehículos de las categorías M_1^* y N_1^{**} , pero que no se aplica a vehículos diseñados para no exceder los 25 km/h y vehículos adaptados para conductores con capacidades diferentes.

Esta regulación contiene a lo largo de su documento; las definiciones generales utilizadas en todo el documento, los requisitos para la homologación vehicular, las especificaciones generales que deben tener los vehículos para dichas homologaciones, entre las que se mencionan el equipo de frenado y las características del sistema de frenado.

Por otra parte, en los anexos de la regulación, se detallan todos los procedimientos a seguir para la realizar las pruebas frenado.

El anexo 6 de la regulación ECE 13-H abarca los requisitos de ensayo de los vehículos equipados con sistemas antibloqueo. De manera general, se debe

* Los vehículos que tengan 3 ó 5 puertas y ventanas laterales detrás del conductor, no excediendo un peso máximo cargado de 3,5 ton., diseñado y construido originalmente para el transporte de pasajeros.

** Vehículos utilizados para transporte de carga y con un peso máximo que no exceda las 3.5. ton. métricas.

destacar que este anexo se enfoca principalmente en aspectos como el consumo de energía, el coeficiente de adherencia y el desempeño del ABS.

En cuanto a la adherencia que presenta la calzada (ε) se considera satisfactorio si el valor obtenido es mayor o igual 0,75. La respectiva medición de este coeficiente se determina con la siguiente fórmula:

$$\varepsilon = \frac{Z_{AL}}{k_M} = \frac{\text{coeficiente de frenado máximo con sistema antibloqueo operativo}}{\text{coeficiente de adherencia entre la rueda y la vía}} \quad \text{Ec.}$$

[2.1]

El coeficiente de frenado máximo (Z_{AL}) se determina midiendo el tiempo (t_m) que le toma al vehículo en reducir la velocidad de 45 km/h a 15 km/h, de acuerdo a la siguiente formula:

$$Z_{AL} = \frac{0,849}{t_m} \quad \text{Ec.}$$

[2.2]

Este coeficiente de adherencia (k_M) se determina como:

$$k_M = \frac{k_f \cdot F_{f\ dyn} + k_r \cdot F_{r\ dyn}}{P \cdot g} \quad \text{Ec.}$$

[2.3]

Donde,

k_f es el coeficiente de adherencia en el eje delantero

k_r es el coeficiente de adherencia en el eje trasero

$F_{i\ dyn}$ es la reacción normal en cada uno de los ejes del vehículo en condiciones dinámicas con el sistema ABS operativo

Los coeficientes de adherencia tanto para el eje trasero como para el delantero se obtienen aplicando las ecuaciones de equilibrio dinámico al vehículo en base al diagrama de cuerpo libre del vehículo que se tiene en la figura 2.1.

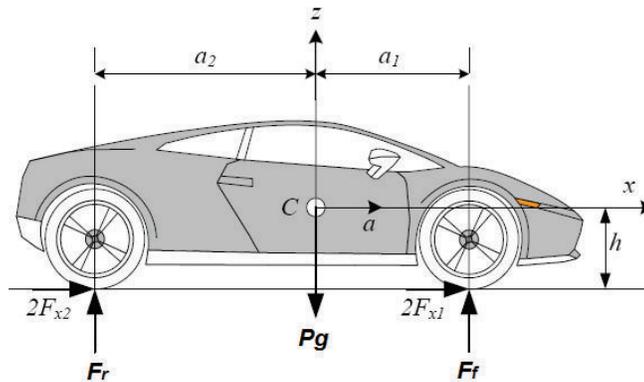


Figura 2.1 Diagrama de cuerpo libre de un vehículo acelerando.

Fuente: Zumárraga, A. Seguridad Vehicular. EPN. Presentación 2011.

Se debe considerar como condición, que uno de los dos ejes se encuentre detenido momentáneamente, por ejemplo:

Si se tiene un vehículo de dos ejes, con el eje delantero frenado momentáneamente, se puede obtener la siguiente ecuación para el coeficiente de adherencia en el eje frontal, sea un vehículo con tracción delantera o trasera¹¹.

$$k_f = \frac{Z_m P g - 0,015 F_r}{F_f + \frac{h}{(a_1 + a_2)} Z_m P g} \quad \text{Ec.}$$

[2.4]

Bajo la misma condición que el caso anterior, se puede obtener una ecuación para el coeficiente de adherencia en el eje posterior, sea un vehículo con tracción delantera o trasera.

$$k_r = \frac{Z_m P g - 0,015 F_f}{F_r + \frac{h}{(a_1 + a_2)} Z_m P g} \quad \text{Ec.}$$

[2.5]

Donde, para cualquiera de los dos casos se tiene que:

Z_m es el coeficiente de frenado.

P es la masa del vehículo en kilogramos.

¹¹ Snyder, A., Jones, J., Grygier, P., & Garrot, R. (2005). NHTSA Light Vehicle ABS Performance test Development.

g es la aceleración de la gravedad $9,81 \text{ m/s}^2$.

F_i es la reacción normal en un respectivo eje del auto bajo condiciones estáticas.

a_i es la distancia del centro de gravedad del vehículo.

$(a_1 + a_2)$ es la distancia entre ejes delantero y posterior.

h es la altura del centro de gravedad del vehículo.

$\frac{h}{(a_1+a_2)} Z_m P g$ representa la transferencia dinámica de peso entre los ejes durante el frenado del vehículo.

El coeficiente de frenado se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$Z_m = \frac{0,566}{t_m} \quad \text{Ec.}$$

[2.6]

Las fuerzas dinámicas de la Ec. [2.3] se calculan de la siguiente manera:

$$F_{f \text{ dyn}} = F_f + \frac{h}{(a_1+a_2)} Z_{AL} P g \quad \text{Ec.}$$

[2.7]

$$F_{r \text{ dyn}} = F_r - \frac{h}{(a_1+a_2)} Z_{AL} P g \quad \text{Ec.}$$

[2.8]

En la regulación ECE 13-H no se encuentra un apartado que indique como calcular la altura del centro de gravedad de un vehículo (h) y puesto que las Ec. [2.4] y Ec. [2.5] tienen a h como un parámetro para poder calcular los coeficientes de adherencia; es necesario tener una expresión matemática que permita conocer la altura del centro de gravedad del vehículo de pruebas. Para ello, se considera el diagrama de cuerpo libre de la figura 2.2, dónde se muestran las fuerzas que actúan sobre el vehículo en condiciones estática.

Al aplicar las condiciones de equilibrio de cuerpos rígidos, se puede obtener una ecuación para calcular de manera experimental la altura del centro de gravedad con la siguiente ecuación:

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

[2.9]

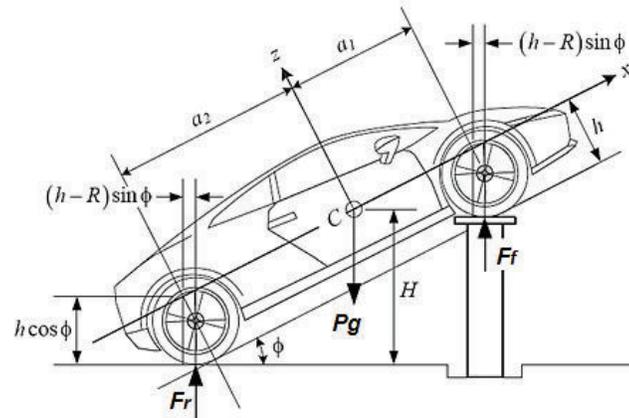


Figura 2.2 Diagrama de cuerpo libre para determinar la altura del centro de gravedad de un vehículo.

Fuente: Zumárraga, A. Seguridad Vehicular. EPN. Presentación 2011.

Donde R es el radio dinámico del neumático y el ángulo de inclinación ϕ depende directamente de la elevación que se puede realizar al eje delantero del auto, sin que se produzca un deslizamiento de los neumáticos del eje posterior.

Adicionalmente a todo esto, en el Anexo 5 de la regulación; las variables a ser cuantificadas y registradas en tiempo real al momento de realizar las pruebas de frenado en carretera son las mismas que en la normativa CFR. 49 – 571 N° 135.

2.4. CONDICIONES GENERALES PARA PRUEBAS DE FRENADO CON BASE A NORMAS Y REGULACIONES INTERNACIONALES

En la tabla 2.1 se muestra una recopilación de las condiciones generales más relevantes de las pruebas de frenado en vehículos entre la Regulación 13-H, la

Tabla 2.1 Comparación de las condiciones de pruebas de frenado entre normativas.

PESO DEL VEHÍCULO						
N°	Párr.	49 CFR. 571 N° 105	Párr.	49 CFR. 571 N° 135	Párr.	Regulación ECE 13-H
1	S7.5.	La prueba se realiza en autos con un peso bruto vehicular, Gross Vehicle Weight Rating GVWR, de 4500 kg o menos. peso bruto del vehículo,	S6.3.1.1.	El vehículo de pruebas se encuentra con un peso bruto GVWR con el depósito de combustible lleno al 100% de capacidad.	4.3.2. Anexo 9	EL vehículo debe estar cargado con el tanque de combustible lleno hasta el 90% de su capacidad, y una carga entre los ocupantes de 168 kg y 59 kg de los equipos para la adquisición de datos, de manera que no se exceda el peso bruto vehicular indicado por el fabricante.
PRESIÓN DE INFLADO DE LOS NEUMÁTICOS						
2	S6.3	La presión de inflado debe ser la recomendada por el fabricante del vehículo.	S6.3.8.	La presión de inflado debe ser la recomendada por el fabricante del vehículo.	4.3.3. Anexo 9	La presión de inflado debe ser la recomendada por el fabricante del vehículo.
SECTOR DE MARCHAS DE LA TRANSMISIÓN						
3	S6.4	La transmisión debe estar en la posición neutral para todas las desaceleraciones.	S7.1.2.	En la marcha correspondiente a la velocidad de prueba.	5.3 Anexo 9	La transmisión debe estar en la posición neutral.

Continuación de la Tabla 2.1 Comparación de las condiciones de pruebas de frenado entre normativas.

APERTURA DEL VEHÍCULO						
N°	Párr.	49 CFR. 571 N° 105	Párr.	49 CFR. 571 N° 135	Párr.	Regulación ECE 13-H
4	S6.6.	Todas las partes del vehículo (puertas, ventanas, etc.) que se puedan abrir deben estar cerradas.	S6.3.10.	Todas las partes del vehículo (puertas, ventanas, etc.) que se puedan abrir deben estar cerradas.	-	Ninguna especificación al respecto.
MOTOR						
6	S6.5.	La velocidad de marcha mínima y el tiempo de encendido es la recomendada por el fabricante.	S6.3.9.	La velocidad de marcha mínima y el tiempo de encendido es la recomendada por el fabricante.	-	Ninguna especificación al respecto.
TEMPERATURA AMBIENTE						
7	S6.7.	La temperatura del ambiente debe estar entre 0°C a 37,8°C.	S6.1.1.	La temperatura del ambiente debe estar entre 0°C a 40°C.	4.1.1. Anexo 9	La temperatura del ambiente debe estar entre 0°C a 45°C.

Continuación de la Tabla 2.1 Comparación de las condiciones de pruebas de frenado entre normativas.

VELOCIDAD DEL VIENTO						
N°	Párr.	49 CFR. 571 N° 105	Párr.	49 CFR. 571 N° 135	Párr.	Regulación ECE 13-H
8	S6.8	La velocidad del viento es cero.	S6.1.2.	La velocidad del viento no debe exceder de 5 m/s.	4.1.2. Anexo 9	La velocidad del viento no debe exceder de 10 m/s para vehículos con factor de estabilidad estático (Static Stability Factor SSF), $SSF > 1.25$ y de 5 m/s para vehículos con $SSF \leq 1,25$.
COEFICIENTE DE ADHERENCIA DE LA SUPERFICIE DE PRUEBAS						
9	S6.9.	Para vehículos con un peso bruto vehicular GVWR de 4500 kg o menos, la prueba se realiza en una vía con 3,67 m de ancho, con un coeficiente de adherencia número 81.	S6.2	A menos que se especifique lo contrario, la superficie debe tener un coeficiente de adherencia pico de 0,9; no debe tener más del 1% de inclinación en la dirección de la prueba; el ancho de vía debe ser de 3,5 m.	5.2.1. Anexo 6	El coeficiente de adherencia se considera satisfactorio si es mayor o igual a 0,75.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

Como es una comparación en aspectos generales entre normativas, es importante indicar que para elaborar el protocolo de pruebas a seguirse, se deben ampliar cada uno de los ítems mostrados en la tabla 2.1.

2.5. PROCEDIMIENTO PARA LAS PRUEBAS DE FRENADO EN VEHÍCULOS EQUIPADOS CON EL SISTEMA ABS

A continuación se describen los procedimientos que siguen las distintas normas internacionales al momento de realizar las pruebas de frenado.

2.5.1. PROCEDIMIENTO SEGÚN 49 CFR. PARTE 571 ESTÁNDAR N° 105

La presente normativa indica que todo vehículo debe cumplir los parámetros que se indican en el párrafo S5. Requisitos de la norma, y a continuación se detallan los más relevantes.

En el párrafo S5.1.1 Distancia de frenado, se indica que el sistema de frenos de servicio debe estar en la capacidad de detener al vehículo, esta consideración aplica para vehículos de pasajeros, camiones y buses con un peso bruto vehicular mayor a 3500 kg; los cuales estén equipados con un sistema de frenos hidráulico o eléctrico.

La primera prueba de eficiencia permite probar el desempeño del vehículo al detenerlo por completo, una vez que éste alcance velocidad de 50 *km/h* y posteriormente volver a realizar la misma prueba, a una velocidad de 100 *km/h*. Se debe realizar 6 sesiones de pruebas en las que el auto debe detenerse por cada valor de velocidad indicada.

La segunda prueba de frenado, es muy similar a las condiciones de prueba del párrafo anterior; adicionalmente a las velocidades antes mencionadas, ahora el vehículo de pruebas debe detenerse una vez alcanzada la velocidad de 130 *km/h*.

En la tercera prueba, el vehículo debe estar parcialmente cargado, es decir con carga que no exceda las 453 kg; el automotor deberá detenerse completamente una vez alcanzada la velocidad de 100 *km/h*.

La distancia de frenado para cada una de las pruebas anteriormente descritas se especifica en la tabla 2.2. Esta prueba se la efectúa en las condiciones que se encuentra el vehículo.

Tabla 2.2 Distancias de frenado.

Velocidad de pruebas	Distancia de frenado
48,3 km/h	19,81 m
56,3 km/h	25,30 m
64,4 km/h	32,9 m
72,4 km/h	41,8 m
80,5 km/h	51,5 m
88,5 km/h	62,3 m
96,6 km/h	73,8 m
128,7 km/h	139,9 m
144,8 km/h	N.A.
160,9 km/h	N.A.

Fuente: Tabla II Distancia de frenado Norma 49 CFR. Parte 571 Estándar N°105.

Al momento de realizar las pruebas de frenado, los frenos deben adquirir un valor de temperatura entre 65°C a 100°C, mediante el uso continuo del sistema de frenos en 10 sesiones de frenado desde una velocidad de 65 *km/h* hasta una velocidad de 15 *km/h*. Los valores de distancias y tiempo necesarios para realizar la disminución de velocidad requerida para alcanzar la temperatura inicial de frenado no son determinantes.

La estabilidad del vehículo no debe verse afectada durante la prueba, por eso en el párrafo S7.5 (b) se describe el comportamiento del vehículo durante el frenado, la cual debe cumplir la segunda prueba de frenado expuesta en párrafos anteriores.

2.5.2. PROCEDIMIENTO SEGÚN 49 CFR. PARTE 571 ESTÁNDAR N° 135

En el párrafo S7. Superficie de pruebas y procedimiento de la presente normativa, indica que todo vehículo de pruebas debe cumplir con las condiciones generales

descritas en el párrafo S6. de la presente norma. En el párrafo S6.3.4 Ajustes y reparaciones, se detalla que el estado de los frenos debe ser el recomendado por el fabricante del vehículo y que cualquier ajuste que se necesite, se lo debe realizar antes de empezar las pruebas de frenado en vista de que una vez iniciada la sesión, no se permite realizar ningún tipo de ajuste.

La efectividad del frenado del vehículo se determina mediante la distancia recorrida al aplicar los frenos, valor que viene dada por la fórmula $s \leq 0,1v + 0,0060v^2$ [m], donde la velocidad de prueba debe estar en km/h. La velocidad de prueba empezará con una velocidad múltiplo de 5 km/h hasta alcanzar la velocidad máxima de 160 km/h.

Las condiciones del vehículo para empezar la prueba es:

- Temperatura inicial de los frenos: $\leq 100^{\circ}C$
- Velocidad de pruebas: 80 km/h
- Fuerza aplicada en el pedal: la necesaria para mantener una desaceleración constante
- Tasa de desaceleración: $3 m/s^2$ constantes
- Bloqueo de ruedas: no se permite en velocidades mayores a 15 km/h
- Número de intentos: 6 detenciones
- Intervalo entre pruebas: el tiempo necesario para que la temperatura de los frenos llegue a la indicada anteriormente
- Aceleración: acelerar hasta la velocidad de prueba, mantener el valor de velocidad y realizar la detención del auto

2.5.3. PROCEDIMIENTO SEGÚN REGULACIÓN ECE 13-H

Cómo requisito previo para la ejecutar las pruebas de frenado para aquellos vehículos que están equipados con el sistema antibloqueo, es identificar el tipo de sistema ABS de acuerdo a las tres categorías que se puede tener en el vehículo.

Como requisitos generales se debe revisar que el vehículo se encuentre en óptimas condiciones y que no presente ningún tipo de desperfecto mecánico y/o eléctrico para que las pruebas de frenado no se vean afectadas. Todos los sensores involucrados en el funcionamiento del sistema ABS deberán ser

revisados y confirmar que están operando. En caso de presentarse algún tipo de desperfecto eléctrico al momento de realizar las pruebas, el desempeño de frenado del vehículo no deberá estar por debajo del 80% de eficiencia de acuerdo a los parámetros establecidos en la prueba Tipo 0 del Anexo 3 de la regulación, es decir; que una velocidad de 100 km/h .

La distancia de frenado se calcula en base a la ecuación $s \leq 0,1v + 0,0060v^2 \text{ [m]}$ y la desaceleración del auto deberá ser mayor o igual a $6,43 \text{ m/s}^2$.

Estas condiciones deberán realizarse con el motor desconectado, es decir; con la transmisión en la posición neutral.

La siguiente parte del Anexo, son las disposiciones generales, y empieza con el consumo de energía, el cual se deberá monitorear de forma que al empezar a trabajar el sistema ABS no se tengan pérdidas de energía a lo largo de un período de tiempo. Obviamente, estas pruebas deberán ser realizadas sobre la superficie de prueba seleccionada para el resto de ensayos.

Finalmente, los párrafos descritos a continuación, serán realizados con la transmisión en la posición neutral.

1. A una velocidad inicial de $v_0 = 40 \text{ km/h}$ y posteriormente a una velocidad inicial de $v_0 = 0,8v_{MAX} \leq 120 \text{ km/h}$, se deberá comprobar que las ruedas controladas por el sistema ABS no se bloqueen cuando se aplique la máxima fuerza de frenado sobre el dispositivo de control, es decir cuando se aplique una fuerza que oscile en el rango de $6,5 - 50 \text{ [daN]}$
2. Cuando el eje pase de una condición de adherencia alta (k_H) a otra condición de adherencia baja (k_L), donde $k_H \geq 0,5$ y $k_H/k_L \geq 2$, al aplicarse la máxima fuerza de frenado de 50 [daN] sobre el dispositivo de control; las ruedas no deben bloquearse.
3. Cuando el vehículo pase de una superficie de baja adherencia (k_L) a una superficie de alta adherencia (k_H), al aplicarse la máxima fuerza de frenado sobre el dispositivo de control, la desaceleración del vehículo debe producirse en 0,6 segundos; además el vehículo no debe salirse de curso.

Se debe considerar que el cambio de una superficie de baja adherencia a otra superficie de baja adherencia ocurre aproximadamente a una velocidad de 50 *km/h*.

2.6. PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS DE FRENADO EN VEHÍCULOS EQUIPADOS CON SISTEMA ABS EN CAMINOS IRREGULARES EN BASE A LAS NORMAS INTERNACIONALES

En los subcapítulos anteriores, se describió brevemente los procedimientos de pruebas de frenado de acuerdo a las normativas americanas y europeas. Para elaborar el contenido de los pasos a seguir para ejecutar de dichas pruebas en caminos irregulares, es de gran importancia aclarar que el procedimiento que a continuación se detalla, considera que los vehículos de prueba cuentan con una homologación vehicular en la cual el sistema de frenos ya fue probado y cumple con todas los estándares de seguridad internacionales y su respectiva certificación emitida por laboratorios de pruebas.

Esta documentación se verifica al momento de homologar un vehículo en el país de acuerdo al Instructivo de Verificación de Conformidad para la Homologación Vehicular, y es la razón por la cual, para la elaboración del presente proyecto, no se siguen todos los procedimientos y secuencias que se detallan en cada una de las normativas y regulaciones, sino que se han de seleccionar aquellas que más se ajusten al estudio en las condiciones propias de la región Andina.

Basados en la información recopilada, el desempeño del sistema de frenos antibloqueo se probará siempre y cuando cumpla con los siguientes requisitos.

2.6.1. CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS

- El vehículo de pruebas debe estar equipado con un sistema de frenos que actúen en las cuatro ruedas del mismo.
- El sistema ABS debe controlar directamente las ruedas del eje delantero y las ruedas del eje posterior, y a menos que se indique lo contrario; el sistema deberá estar completamente funcional.

- Con el vehículo estacionado se debe probar el funcionamiento de los elementos del sistema ABS utilizando el correspondiente equipo y tampoco deberá presentar fallos cuando el vehículo alcance la velocidad de 100 *km/h*. En el caso de que la falla se presente al momento en que se realicen las pruebas, el vehículo deberá detenerse con normalidad únicamente con el sistema de frenos de servicio.

2.6.2. CONDICIONES DEL VEHÍCULO DE PRUEBAS

2.6.2.1. Peso del vehículo

El vehículo será pesado y deberá cumplir la condición de clasificación de peso bruto del vehículo GVWR. Esto incluye el peso del combustible, por lo que el tanque deberá estar al 100% de su capacidad al inicio de la sesión de pruebas y no deberá bajar del 75% de capacidad durante toda la sesión.

La carga adicional que se añada al vehículo para llegar al GVWR debe distribuirse de forma uniforme tal que ninguno de los ejes quede sobrecargado.

2.6.2.2. Reglaje de los frenos del vehículo

El reglaje de todos los elementos pertenecientes al sistema de frenos de servicio y de estacionamiento es el recomendado por el fabricante del vehículo. De ser necesario cualquier ajuste o reparación se la realizará antes de empezar la sesión de pruebas y no durante las sesiones de prueba.

La temperatura inicial de los frenos de servicio deberá oscilar en un rango de 65°C hasta 100°C entre cada sesión de pruebas. El procedimiento para el calentamiento de los frenos se indica a continuación:

- a) Acelere el vehículo de pruebas hasta alcanzar una velocidad de 65 *km/h*, aplique los frenos hasta que la velocidad se reduzca a 15 *km/h*. Los valores de distancia y tiempo para la reducción de velocidad no son determinantes para alcanzar la temperatura inicial de frenado.

- b) Realice el procedimiento anterior hasta conseguir la temperatura inicial para realizar las pruebas, considerando que no se excedan en un total de 10 repeticiones.

2.6.2.3. Presión de inflado de las llantas

La presión de inflado de las llantas es la recomendada por el fabricante del vehículo para soportar la condición de peso GVWR del auto. Este valor depende del modelo y tipo de vehículo a usarse al momento de realizar las pruebas.

2.6.2.4. Motor

El ralentí del motor, el avance del encendido y demás controles electrónicos del motor se ajustarán automáticamente por el PCM del vehículo. El estado de los filtros y bujías deberán permitir un normal funcionamiento del motor.

2.6.2.5. Seguridades del vehículo

Todas las puertas y ventanas del vehículo permanecerán cerradas al momento de realizar las pruebas, salvo aquellas que deban permanecer abiertas por cuestiones de instrumentación del vehículo para el registro de datos.

2.6.3. CONDICIONES AMBIENTALES

2.6.3.1. Temperatura ambiente

La temperatura ambiental deberá oscilar entre 0°C a 45°C.

2.6.3.2. Velocidad del viento

La velocidad del viento que se permita en la sesión de pruebas dependerá del factor de estabilidad estático, SSF por sus siglas en inglés. Este factor es propio de la superficie de pruebas, el cual se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$SSF = \frac{T}{2 \cdot h} \quad \text{Ec. [2.10]}$$

Donde,

T es el ancho de vía de pruebas

h es la altura del centro de gravedad del vehículo.

Una vez determinado el SSF, se seleccionará el valor admisible de velocidad del viento de acuerdo al numeral 8 de la tabla 2.1.

2.6.4. CONDICIONES DE LA SUPERFICIE DE PRUEBAS DE FRENADO

La vía de pruebas deberá tener una longitud de 3,5 km y un ancho de 3.5 m. La condición ideal de la vía es que sea completamente nivelada, caso contrario, la inclinación máxima de la vía deberá tener un gradiente del 1% a lo largo de la vía y del 2% a lo largo del ancho de la misma.

Para determinar el coeficiente de adherencia de la superficie de pruebas, se deben determinar las variables expuestas en el subcapítulo 2.3 del presente documento. Es muy importante recalcar que las mediciones de dichas variables se las realizará con el sistema ABS desconectado. Considere que la desconexión del sistema ABS encenderá la luz testigo en el tablero de instrumentos, por lo que éste particular no se registrará como fallo en el sistema; como se indicó en el subcapítulo 2.6.1.

2.6.5. CONDICIONES DE PRUEBA PARA EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE FRENOS ABS

En la tabla 2.3 se detallan las condiciones de prueba en las que se medirá el desempeño del sistema ABS.

Es importante aclarar que si por alguna razón no se pudiese alcanzar las velocidades de pruebas que se indican en los párrafos subsiguientes, se optará por trabajar como velocidad de prueba, la velocidad máxima que el vehículo

pueda alcanzar sobre la vía en la que se transita al momento de realizar las pruebas de frenado.

Tabla 2.3 Condiciones para realizar la prueba de frenado.

Ubicación del vehículo	Debe estar alineado con el centro de la vía durante el proceso de pruebas. Si se permite correcciones en la dirección del vehículo para mantenerlo en esa posición.
Velocidad de pruebas (v)	p. ej.: $100 \text{ km/h} \pm 2 \text{ km/h}$
Distancia de frenado (s)	La distancia de frenado depende de la velocidad de prueba, y no debe exceder el valor arrojado por la fórmula: $s \leq 0,1v + 0,0060v^2 \text{ [m]}$ p. ej.: con una velocidad de prueba de 100 km/h , la distancia de frenado es $s \leq 70 \text{ [m]}$
Desaceleración del vehículo (d_m)	$d_m \geq 6,43 \text{ m/s}^2$
Fuerza aplicada en el pedal de freno	Valor de fuerza debe oscilar entre 6,5 a 50 [daN]
Selector de cambios de la transmisión	Posición neutral
Número de corridas	6 detenciones
Intervalo entre corridas	El tiempo necesario hasta que nuevamente se alcance la temperatura inicial de frenado.

Fuente: Regulación ECE 13-H DISPOSICIONES UNIFORMES RELATIVAS A LA APROBACIÓN DE LOS VEHÍCULOS AUTOMÓVILES EN LO RELATIVO AL FRENADO.

Para lograr mantener la velocidad de prueba indicada en la tabla 3.4, se recomienda seguir las siguientes instrucciones que se indican en la normativa 49 CFR. 571 Estándar 105, párrafo S.6.5.5.1 que se detallan a continuación:

- Exceder la velocidad de pruebas entre 5 a 10 *km/h*.
- Retirar el pie del acelerador y permitir que el vehículo siga rodando hasta que este a 5 *km/h* por encima de la velocidad de pruebas.
- Colocar el selector de cambios en la posición neutral y cuando se alcance la velocidad de pruebas, aplique los frenos del vehículo.

2.6.6. PROTOCOLO DE PRUEBAS EN CAMINOS IRREGULARES

Una vez recapitulada la información para realizar la secuencia y procedimiento de pruebas de frenado en caminos irregulares, en la tabla 2.4 se detalla el protocolo de pruebas a seguir para la elaboración del presente proyecto.

Tabla 2.4 Ficha del protocolo de pruebas de frenado.

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO DE PRUEBAS			
Marca:		Tipo:	
Modelo:			
Año de fabricación		Kilometraje:	
N° VIN:			
ESPECIFICACIONES			
Sistema de frenos			
Frenos delanteros:			
Frenos posteriores:			
Tipo de sistema ABS:			
Desequilibrio de frenado eje delantero (%)			
Desequilibrio de frenado eje posterior (%)			
Eficacia de frenado (%)			
Dimensiones Principales			
Distancia entre ejes (m)			
Peso total sin carga (kg)			
Capacidad de carga (kg)			
Capacidad tanque de combustible (gal)			

ESPECIFICACIONES GENERALES DE PRUEBAS A REALIZAR	
Número de pruebas a realizar:	6
Intervalo entre pruebas:	El necesario para alcanzar la temperatura inicial de frenos IBT.

Continuación Tabla 2.4 Ficha del protocolo de pruebas de frenado.

CONDICIONES AMBIENTALES DEL LUGAR DE PRUEBAS			
Parámetro a medir	Condición general	Normativa Aplicada	Requisitos
Temperatura ambiente	La temperatura debe estar entre 0°C y 45°C.	Regulación ECE 13-H	-
Velocidad del viento	Velocidad del viento permitida 10 m/s si el $SSF > 1,25$, y de 5 m/s para vehículos con $SSF \leq 1,25$.	Regulación ECE 13-H	Determine el coeficiente de estabilidad estático SFF. $SSF = T/h$ T es el ancho de la vía h es la altura del centro de gravedad del vehículo de pruebas.
CONDICIONES GENERALES DE LA SUPERFICIE DEL CAMINO DE PRUEBAS			
Parámetro a medir	Condición general	Normativa Aplicada	Requisitos
Coefficiente de adherencia	El coeficiente de adherencia se considera satisfactorio si es mayor o igual a 0,75.	Regulación ECE 13-H	Determinar el coeficiente de adherencia de acuerdo al Apéndice 2 del Anexo 6 de la regulación ECE 13-H.

Continuación Tabla 2.4 Ficha del protocolo de pruebas de frenado.

Inclinación	La superficie no debe exceder el 1% de inclinación en la dirección de la prueba, y el 2% en dirección perpendicular a la dirección de prueba.	CFR. 49-571 Estándar N° 135	-
Dimensiones	Ancho de la vía: 3.5 m Largo de la vía: 3500 m	Regulación ECE 13-H CFR. 49-571 Estándar N° 135	-
CONDICIONES GENERALES DEL VEHÍCULO ANTES DE EFECTUAR LAS PRUEBAS DE FRENADO			
Secuencia	Procedimiento de prueba	Normativa Aplicada	Requisitos
1. Revisión del estado del motor.	-	-	Realizar un mantenimiento completo del motor. Los parámetros de funcionamiento del mismo deben ser ajustados de acuerdo al fabricante.
2. Revisión del estado de los neumáticos.	Medir los valores de presión de inflado de los neumáticos y la altura del labrado.	Regulación ECE 13-H CFR. 49-571 Estándar N° 105 CFR. 49-571 Estándar N° 135	Los valores deben estar dentro de los límites recomendados por el fabricante.

Continuación Tabla 2.4 Ficha del protocolo de pruebas de frenado.

3. Revisión del funcionamiento del sistema de frenos.	Realice una o más detenciones a una velocidad de 50 <i>km/h</i> .	CFR. 49-571 Estándar N° 135	El estado de los frenos debe estar en las mismas condiciones como cuando fue manufacturado.
4. Capacidad de carga del depósito de combustible	-	Regulación ECE 13-H	La capacidad de carga del tanque mínima debe estar al 90%.
5. Peso del vehículo	-	Regulación ECE 13-H CFR. 49-571 Estándar N° 105 CFR. 49-571 Estándar N° 135	Carga al vehículo con la capacidad de carga máxima recomendada por el fabricante GVWR.
6. Distribución de carga	-	Regulación ECE 13-H	La distribución de la carga en el vehículo debe darse entre los dos ejes del vehículo como recomienda el fabricante.
PROCEDIMIENTO GENERAL DE PRUEBAS DE FRENADO			
Secuencia	Procedimiento de prueba	Normativa Aplicada	Requisitos
1. Peso del vehículo.	-	Regulación ECE 13-H CFR. 49-571 Estándar N° 135	Carga del vehículo GVWR.

Continuación Tabla 2.4 Ficha del protocolo de pruebas de frenado.

2. Ubicación del vehículo.	El vehículo se debe ubicar en la mitad de la vía de pruebas.	CFR. 49-571 Estándar N° 135	-
3. Temperatura inicial de frenos IBT.	Tomar la temperatura de los discos de freno lo más cercano a la mordaza.	Regulación ECE 13-H CFR. 49-571 Estándar N° 135	La temperatura inicial de frenos debe estar entre 65°C y 100°C.
4. Velocidad de prueba.	Acelere el vehículo hasta exceder en unos 10 <i>km/h</i> la velocidad de pruebas, luego deje de acelerar hasta llegar al valor de velocidad de prueba.	Regulación ECE 13-H	Se optará por trabajar como velocidad de prueba, la velocidad máxima que el vehículo pueda alcanzar sobre la vía en la que se transita
5. Selecto de cambios.	-	Regulación ECE 13-H CFR. 49-571 Estándar N° 135	Una vez alcanzada la velocidad de pruebas, coloque la palanca en la posición neutral.
6. Fuerza aplicada al pedal de freno.	Pise y mantenga la fuerza aplicada sobre el pedal del freno.	Regulación ECE 13-H CFR. 49-571 Estándar N° 135	La fuerza aplicada en el pedal de freno debe estar entre 6,5 a 50 [<i>daN</i>].

Continuación Tabla 2.4 Ficha del protocolo de pruebas de frenado.

7. Tasa de desaceleración.	Ubique el sensor de aceleración lo más cercano al centro de masa del vehículo.	Regulación ECE 13-H CFR. 49-571 Estándar N° 135	El valor de la tasa de desaceleración no debe exceder 3 m/s^2 .
8. Distancia de frenado.	Mida la distancia recorrida por el vehículo colocando marcas donde se empezó a frenarlo hasta el lugar donde se detuvo.	Regulación ECE 13-H CFR. 49-571 Estándar N° 135	La distancia de frenado no debe exceder el valor arrojado por: $s \leq 0,1v + 0,0060v^2 \text{ [m]}$

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

2.7. SELECCIÓN DEL VEHÍCULO DE PRUEBAS

A partir del año 2016 entrará en vigencia el reglamento INEN RTE. 034, y éste reglamento se requiere que todo vehículo nuevo que ingrese al país debe incorporar el sistema de frenos antibloqueo; los autos seleccionados para la realizar las pruebas de frenado no deberán tener más allá que un par de años atrás, es decir; modelos del año 2012 y 2013.

En la tabla 1.3 del capítulo 1 se muestra el modelo de camioneta más vendido en el Ecuador, seguido por sus competidores más cercanos. Basados en la participación del mercado automotriz nacional, las tres primeras opciones de dicha tabla serán los modelos de vehículos que se usarán en las pruebas de campo.

Cada una de las marcas indicadas, tienen varios modelos y subsegmentos, como se indica la tabla 2.5., son aquellos modelos que están equipadas con el sistema ABS y que se ofertan en el mercado ecuatoriano.

Tabla 2.5 Modelos de camionetas equipadas con ABS ofertadas en el Ecuador.

Marca	Subsegmento	Modelo	Capacidad de carga
Chevrolet	CS 4X4	Luv D-Max 3.0	1.125 kg.
	CD 4x4	Luv D-Max 3.0	1.045 kg.
Mazda	CS 4WD	BT-50 2.6L Gasolina	1.300 kg.
	CD 4WD	BT-50 2.6L Gasolina	1.100 kg.
	CD 2WD	BT-50 2.6L Gasolina	1.100 kg.
	CD 4WD	BT-50 2.5L TD CRDI	1.100 kg.
Toyota	CS 4X2	Hilux Chasis 2700 cc.	1.325 kg
	CS 4X2	Hilux 2700 cc. Gasolina	1.180 kg.
	CS 4x4	Hilux 2700 cc. Gasolina	990 kg.
	CD 4x2	Hilux 2700 cc. Gasolina	915 kg.
	CD 4x4	Hilux 2700 cc. Gasolina	910 kg.
	CD 4x4	Hilux SR5 2700 cc.	910 kg.
	CD 4x2	Hilux Turbo Diésel 2500 cc.	1.055 kg.
	CD 4x4	Hilux Turbo Diésel 2500 cc.	905 kg.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G. Recopilación de información de catálogos de ventas.

Ahora bien, considerando los subsegmentos indicados en la tabla 2.5, surgió un interés por conocer cuáles son los modelos más vendidos en el Ecuador, y así enfocar las pruebas a realizarse a dichos modelos. Para satisfacer esta duda, se recopiló información de las principales páginas web de ventas de vehículos, la cual se muestra en la tabla 2.6; siendo el subsegmento de mayor demanda las camionetas doble cabina en sus versiones 4x4, razón por la cual los vehículos a considerarse para la elaborar el presente trabajo serán aquellos modelos que sean doble cabina y además tengan tracción en las cuatro ruedas.

Tabla 2.6 Modelos de camionetas ofertadas en el mercado de vehículos usados.

Tipos de camionetas 2012-2015			Patio Tuer- ca.com	Patio de au- tos.com	Autose- cua- dor.com	olx.co m	Total
Chevrolet	Luv D-Max 2,4 Gasolina	C.S.	-	-	-	-	-
		C.D.	3	0	0	0	3
	Luv D-Max 3.0 Gasolina 4x4	C.S.	-	-	-	-	-
		C.D.	4	1	1	1	7
	Luv D-Max 3.0 Diésel 4x4	C.S.	-	-	-	-	-
		C.D.	25	5	18	8	56
Mazda	BT-50 4x2	C.S.	0	2	1	0	3
		C.D.	12	9	2	1	24
	BT-50 4x4	C.S.	7	0	1	0	8
		C.D.	17	23	4	12	56
Toyota	Hillux 4x2	C.S.	1	0	1	0	2
		C.D.	21	6	9	3	39
	Hillux 4x4	C.S.	2	1	0	0	3
		C.D.	11	0	0	4	15

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G. Recopilación de información de páginas web.

2.8. INSTRUMENTACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS

Las variables indicadas en el subcapítulo 2.2 del presente documento, deben ser registradas y medidas con transductores apropiados, es decir; que todo el equipo utilizado para el procesamiento de datos y registro de medidas debe cumplir con la norma ISO Estándar 15031-1: 2006.

Al considerar que el presente proyecto pretende verificar el desempeño del sistema de frenos ABS y más no las pruebas de homologación de un sistema de frenos de un vehículo, no todas las variables serán registradas, sino algunas de ellas serán asumidas de pruebas realizadas en la homologación vehicular.

A continuación se detalla la recolección de datos de las magnitudes involucradas al momento de realizar las pruebas:

- La velocidad de prueba del vehículo es de 70 km/h y será proporcionada por el tablero de instrumentos del automotor. El valor de velocidad se usa para realizar las pruebas en las dos superficies y fue determinado al realizar ensayos en la vía empedrada; siempre precautelando la seguridad de los ocupantes del vehículo al momento de transitar por ese tipo de vías y la pericia del conductor.
- La distancia real de frenado es medida mediante señales ubicadas a lo largo de la vía y son comparadas con los valores arrojados por la fórmula descrita en la tabla 2.4, tal como se muestra en la figura 2.3.



Figura 2.3 Ubicación de señales sobre la calzada para medición de distancias de frenado.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

- La fuerza aplicada sobre el pedal del freno será la que registrada por una persona promedio durante un frenado de pánico. Para lograr mantener un valor constante, el conductor del vehículo será el mismo durante todas las sesiones de pruebas. En pruebas realizadas acerca del comportamiento de conductores para evitar accidentes en pavimento seco, los “valores de fuerza aplicadas en el pedal de freno entre 285 N y 300 N aproximadamente; registrando un valor máximo aproximado de 830 N”¹².
- Los valores de fuerza de frenado en las ruedas, al igual que la presión de frenado no serán valores registrados en consideración a lo expuesto en el párrafo dos del presente subcapítulo.
- Los valores de las desaceleraciones experimentadas por el vehículo serán registrados por un acelerómetro triaxial, como se muestra en la figura 2.4. La localización de éste sensor será lo más cerca del centro de masa del vehículo y la tabla 2.7 muestra los datos técnicos del mismo. La adquisición de datos será llevada al computador y procesados por un software mediante un interface Cobra 4.

¹² Mazzae, E. N., Barickman, F. S., Baldwin, G. H. S., and Forkenbrock, G. (1999) Driver Crash Avoidance Behavior with ABS in an Intersection Incursion Scenario on Dry Versus Wet Pavement. SAE Paper N° 1999-01-1288.



Figura 2.4 Sensor de aceleración 3D Cobra 4.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

Tabla 2.7 Datos técnicos Acelerómetro 3D Cobra 4.

Rangos de medida	-2g...+2g o -6g...+6g
Resolución	1 mg o 5 mg
Canales de salida	X, Y and Z
Max. Registro de datos	160por canal

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G. Recopilación de información de ficha técnica.

- La temperatura inicial de las pruebas de frenado serán registradas por el termómetro infrarrojo de operación manual Fluke serie 60, cuyas especificaciones técnicas se detallan en la tabla 2.8.

Tabla 2.8 Especificaciones técnicas termómetro infrarrojo Fluke serie 63.

Rangos de medida	-32°C a 535°C
Tiempo de respuesta	≤ 0,5 s
Resolución	0,2°C
Frecuencia	160 Hz por canal
Precisión	±1°C
Distancia típica al objetivo	Hasta 2 m

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G. Recopilación de información de ficha técnica.

CAPÍTULO III

3. REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE FRENADO EN CAMINOS IRREGULARES EN EL ECUADOR

Con base a las descripciones de las normativas y regulaciones descritas brevemente en el capítulo II del presente trabajo, se ha determinado los siguientes requerimientos para la realización de las pruebas de frenado en caminos irregulares del Ecuador.

3.1. PREPARACIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE PRUEBA

A continuación se detalla la preparación del vehículo de prueba; como aspecto general, la operación del motor de cada vehículo de prueba, así como también las seguridades de puertas y ventanas, se detallan en los subcapítulos 2.6.2.4 y 2.6.2.5, respetivamente.

3.1.1. REGLAJE Y OPERACIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS

En el subcapítulo 2.7 se indicó los modelos del subsegmento de vehículos que se utilizarán para la realización del presente trabajo; ahora bien, es importante conocer el estado de operación del sistema de frenos antes de empezar con las pruebas de frenado.

Previo a la realización de cada sesión, se debe realizar un mantenimiento general del sistema y su funcionamiento deberá probarse en una operación corta en el lugar del camino de prueba.

Otro aspecto a considerar es el tipo de sistema ABS con los que viene equipado cada uno de los vehículos al igual que el tipo de frenos que tienen en cada uno de los ejes. En la tabla 3.1 se muestra los tipos de ABS de cada auto.

Tabla 3.1 Disposición de frenos ABS.

Vehículo	Tipo ABS	Frenos	
		Delantero	Posterior
Chevrolet Luv D-Max	5,7	Disco	Tambor
Mazda BT-50	5,0	Disco	Tambor
Toyota HILUX	5,7	Disco	Tambor

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

La marca del sistema ABS, dependerá de la procedencia del distribuidor de cada uno de ellos, adicional el tipo de trabajo con los sensores de velocidad, siendo ellos inductivos o efecto hall, para captar su señal eficientemente en bajas y altas velocidades; como se observa en la figura 3.1.

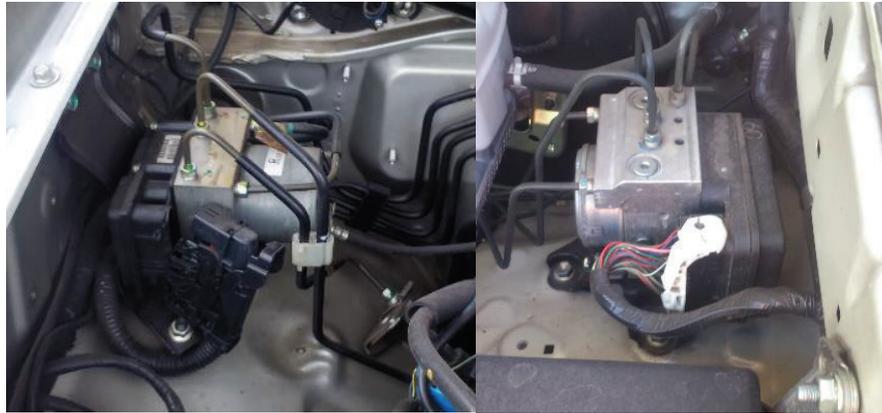


Figura 3.1 Modulo ABS de los vehículos de prueba.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

3.1.2. ESTADO DE LOS NEUMÁTICOS

Los neumáticos a utilizar son los distribuidos a nivel nacional. Para efectuar las pruebas se escoge un (1) solo juego para realizar todas las sesiones, consiguiéndose que el coeficiente de adherencia sea el mismo para cada vehículo en los distintos tipos de superficie de rodadura.

En la tabla 3.2 se muestran los tipos de neumáticos con los que vienen equipados los vehículos de prueba.

Tabla 3.2 Neumáticos por tipo de camioneta.

Vehículo	Neumático	4x2	4x4
Chevrolet Luv D-Max	CONTAC	245/75/R16	245/75/R16
Mazda BT-50	DUNNLOP	235/70/R15	255/70/R16
Toyota HILUX	BRIDGESTON	255/70/R16	255/70/R16

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

Si bien los tres vehículos tienen similares características en los neumáticos, al momento de realizar las pruebas se usará un único juego de neumáticos con la siguiente numeración: 255/70/R16, con el objeto de tener el mismo coeficiente de adherencia para todos los autos.

De la profundidad y del tipo de labrado depende la adherencia que se genere en las dos superficies, por lo que es importante conocer dicho valor; para el caso es de 7,65 mm según la medición realizada que se indica en la figura 3.2.



Figura 3.2 Medición profundidad labrado de neumático.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

La figura 3.3, muestra el cambio del juego de neumáticos en uno de los vehículos de prueba. La presión de inflado del neumático dependerá de las especificaciones de cada fabricante del vehículo bajo las condiciones en las que se realizan las pruebas de frenado. Los valores se indican en las respectivas tablas de condiciones de pruebas para el sistema ABS de cada vehículo.



Figura 3.3 Enllantaje del vehículo de pruebas.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

3.1.3. PESO DEL VEHÍCULO

Según lo expuesto en la tabla 2.1, las condiciones de peso para los vehículos de prueba deben ser a GVWR, valor que es estipulado por cada fabricante. Los datos de la capacidad de carga de los vehículos seleccionados para realizar las pruebas de frenado se muestran en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Pesos y capacidades de vehículos.

Ítem	Chevrolet Luv D-Max 3.0 Diésel 4x4 C.D.	Mazda BT-50 Diesel 4x4 C.D.	Toyota Hillux 4x4 C.D.
Cap. carga eje delantero	1250 kg.	1262 kg.	1147 kg.
Cap. carga eje posterior	1870 kg.	1887 kg.	1715 kg.
Peso del vehículo	1769 kg.	1860 kg.	1680 kg.
Capacidad de carga	1090 kg.	1100 kg.	1000 kg.
Peso bruto vehicular	2850 kg.	2876 kg.	2855 kg.
Cap. tanque combustible	76 l. / 20 gal.	70 l. / 18 gal.	80 l. / 21 gal.

Fuente: Tamayo J., Reyes G. Recopilación de información de fichas técnicas de los vehículos.

Para lograr los valores de capacidad de carga indicados en la tabla 3.3, se utiliza costalillos llenos de arena, como se muestra en la figura 3.4, cuyas masas oscilan en un promedio de 17 kg. con un total 65 costales.



Figura 3.4 Cargas utilizadas para pruebas vehiculares.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

Estos costalillos deben distribuirse uniformemente en el balde del automotor, como se observa en la figura 3.5, con el afán de evitar que al momento de que el vehículo se encuentre en movimiento, los costalillos sufran desplazamientos no deseados.



Figura 3.5 Distribución de los costalillos en los vehículos de prueba.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

3.2. SELECCIÓN DE LA SUPERFICIE DE PRUEBAS

Con base al Informe de Diagnóstico relacionado con el ejercicio de la competencia de vialidad, análisis de los convenios previos al Cootad y de la Normativa Jurídica vigente que regula la vialidad en el Ecuador, considera que la red vial Estatal comprende vías de primer y segundo orden con una superficie de rodadura asfaltada, en su gran mayoría, ocupando 19,8% del total de las vías; mientras la red vial Cantonal, vías de tercer orden y caminos vecinales, ocupan el 51,6%. Dentro de la red vial Cantonal, un aproximado de 12.458,08 km (28,5% del total de la red vial) corresponde a vías con una superficie de rodadura empedrada. El resto de vías poseen superficies de rodadura que van desde tierra

simple desarrollada con el paso del tiempo y el avance de la tecnología pero que no llegan al mismo nivel de calidad que el asfalto.

Si se considera las cifras del párrafo anterior, las vías con superficie de rodadura de asfalto y empedrado son las seleccionadas para realizar las pruebas de frenado en virtud de que este tipo de superficies predominan en la Red Vial del Ecuador.

De acuerdo a las condiciones de las superficies de pruebas de frenado descritas en el capítulo III, a continuación se describe las características de las vías en las cuales se realizaron las pruebas para la elaboración del presente trabajo.

3.2.1. VÍA CON SUPERFICIE DE RODADURA ASFALTADA

Las vías con superficie de rodadura asfaltada son aquellas que registran mayor tráfico vehicular a lo largo del tiempo.

En la figura 3.6 se muestra la ubicación geográfica de la autopista E35 Troncal de la Sierra, del by pass Pifo, su altura promedio está en 2544 m.s.n.m. De toda la longitud de la vía del by pass, las pruebas se realizaron en el último tramo de la misma, como se puede ver en la figura 3.7.

Las características que cumple esta vía, se muestran en la tabla 3.4. Para determinar éstos valores, se efectuaron mediciones a lo largo de la vía para obtener datos. Se realizaron mediciones del ancho de la vía como del largo de la misma y la altura de la misma con respecto al nivel del mar, tal y como se muestran en las figuras 3.8.



Figura 3.6 Ubicación de la vía con superficie de rodadura asfaltada.

Fuente: Google Earth.



Figura 3.7 Vías de pruebas con superficie de rodadura asfaltada.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

Tabla 3.4 Condiciones físicas de la vía de pruebas con superficie asfaltada.

Longitud de la vía de pruebas.	Aprox. 1000 metros
Longitud para la detención del vehículo de pruebas.	Aprox. 130 metros
Ancho de la vía.	Aprox. 11 metros
Pendiente longitudinal de la vía.	0,06%
Pendiente transversal de la vía.	0%

Fuente: Realizado por Tamayo J, Reyes G.



Figura 3.8 Medición de la vía de pruebas con superficie de rodadura asfaltada.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

3.2.2. VÍA CON SUPERFICIE DE RODADURA EMPEDRADA

Los caminos empedrados son vías que sirven a comunidades rurales y son caminos comunes en países de la región andina, especialmente Ecuador, Perú y Bolivia.

En la figura 3.9 se muestra la ubicación geográfica de la calle Antonio Tandazo. Ésta vía, que es empedrada en su mayor parte, fue seleccionada por ubicarse en las cercanías del Valle de los Chillos, al Sur-Oriente de la ciudad de Quito; su elevación promedio es de 2.700 m.s.n.m. De toda la longitud que presenta este

camino, en la figura 3.10 se puede observar el tramo de la vía donde se realizaron las pruebas de frenado.



Figura 3.9 Ubicación geográfica de la vía con superficie de rodadura empedrada.

Fuente: Google Earth.



Figura 3.10 Vía de pruebas con superficie de rodadura empedrada.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

Esta parte de la vía cumple con las características que se muestran en la tabla 3.5, los valores mostrados son el resultado de mediciones a lo largo de la vía para obtener datos. Se tomaron medidas del ancho de la vía como del largo de la

misma y la altura de la misma con respecto al nivel del mar, tal y como se muestran en las figuras 3.11 y 3.12.

Tabla 3.5 Condiciones físicas de la vía de pruebas con superficie empedrada.

Longitud de la vía de pruebas.	Aprox. 1000 metros
Longitud para la detención del vehículo de pruebas.	Aprox. 210 metros
Ancho de la vía.	Aprox. 6,2 metros
Pendiente longitudinal de la vía.	1%
Pendiente transversal de la vía.	0%

Fuente: Realizado por Tamayo, J., Reyes G.



Figura 3.11 Medición del largo de la vía de pruebas con superficie de rodadura empedrada.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.



Figura 3.12 Medición del ancho de la vía de pruebas con capa de rodadura empedrada.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

Pese a que las longitudes de los tramos de las vías de pruebas no son las estipuladas por las normativas, se puede considerar que poseen una longitud suficiente para que el vehículo alcance la velocidad de pruebas y pueda detenerse sin ningún tipo de problema o peligro, adicionalmente, los valores de pendientes, tanto longitudinal como transversal, están dentro de los parámetros descritos en el subcapítulo Condiciones de la superficie de pruebas de frenado.

3.2.3. COEFICIENTES DE ADHERENCIA DE LAS SUPERFICIES DE PRUEBA

Conocidas las dos superficies sobre las cuales se realizan las pruebas de frenado, se calculará el coeficiente de adherencia (ε) en cada una de las vías de para determinar si el valor está de acuerdo a lo que se indica en la normativa ECE 13-H.

En el subcapítulo 2.3 se indica las ecuaciones con las cuales se determinarán todas las variables necesarias para determinar dicho coeficiente, a partir de ciertas magnitudes conocidas como son el tiempo de frenado, fuerzas de reacción aplicadas sobre el vehículo y la ubicación de su centro de gravedad.

Para localizar la altura del centro de gravedad, primero se selecciona un vehículo de prueba, que en este caso es la camioneta Mazda BT-50. Luego se procede a pesar el eje posterior de la camioneta como se muestra en la figura 3.13, para poder calcular dicha altura.



Figura 3.13 Pesaje del eje posterior del vehículo de pruebas.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

Con base al diagrama de la figura 2.2, se realiza un diagrama con los datos del vehículo con el cual se mide el coeficiente de adherencia en las dos superficies de pruebas como muestra la figura 3.14.

Al aplicar las ecuaciones de equilibrio para cuerpos rígidos, se obtienen los siguientes valores mostrados en la tabla 3.6.

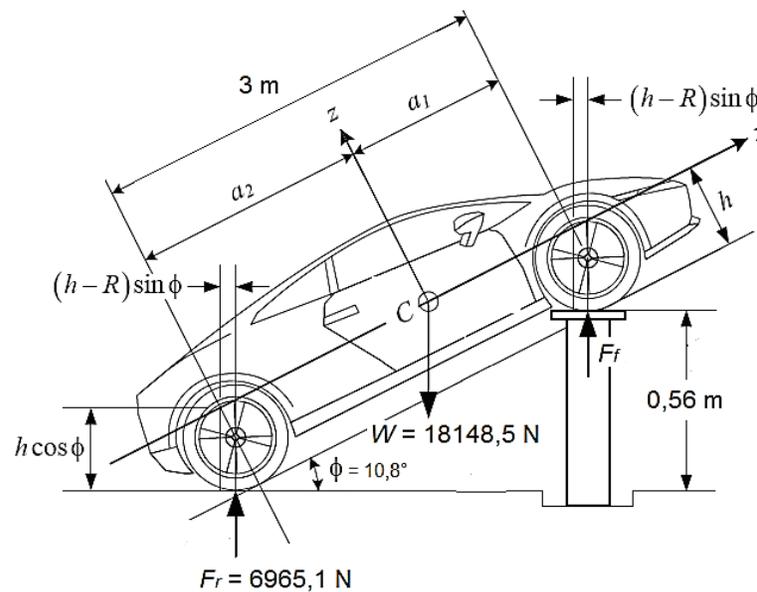


Figura 3.14 Diagrama de cuerpo libre ideal del vehículo.

Fuente: Zumárraga, A. Seguridad Vehicular. EPN. Presentación 2011.

Tabla 3.6 Fuerzas normales ejercidas en los ejes del vehículo de pruebas y distancia del centro de gravedad a los ejes.

Reacción normal en el eje delantero	$F_f = 11183,4 \text{ [N]}$
Reacción normal en el eje posterior	$F_r = 6965,1 \text{ [N]}$
Distancia del centro de gravedad hacia el eje delantero	$a_1 = 1,1514 \text{ [m]}$
Distancia del centro de gravedad hacia el eje posterior	$a_2 = 1,8486 \text{ [m]}$

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

Y una vez determinadas las fuerzas que se ejercen en cada uno de los ejes del auto, la altura del centro de gravedad del auto es aproximadamente de:

$$h = 0,382 \text{ [m]}$$

Una vez determinado la ubicación del centro de masa, el sensor de aceleración se colocará lo más cercano a dicho punto, siendo este el espacio entre los asientos delanteros del auto, tal como se muestra en la figura 3.15. Para evitar movimientos inesperados por parte del equipo, se lo fijo con cinta doble faz a la consola central del vehículo.

Los valores de desaceleración obtenidos se registran a través del software Cobra 4, instalado en una computadora portátil. Al iniciar la toma de datos por parte del sensor, los datos son registrados en la pantalla de interfaz gráfica del software, como se puede ver en la figura 3,16; además de poderse generar una tabla de datos de desaceleración y tiempo para su posterior análisis.



Figura 3.15 Ubicación del sensor de aceleración en el vehículo.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.



Figura 3.16 Registro de datos del sensor de aceleración 3D.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

La velocidad del viento es un factor ambiental importante a considerarse al momento de realizarse las pruebas de frenado, dicho valor depende del factor de estabilidad estático SSF, descrito en el numeral 8 de la tabla 2.1. Usando la ecuación Ec. [2.10], los factores de estabilidad se indican en la tabla 3.7.

Tabla 3.7 Factores de estabilidad de las vías de pruebas.

Tipo de vía	Factor de estabilidad SSF
Empedrado	8,12
Asfalto	14,40

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

Dichos valores permiten considerar un valor de velocidad del viento igual a 10 m/s para ambas superficies de pruebas. Con este dato, en la tabla 3.8, se muestra las condiciones bajo las cuales se prueba la camioneta Mazda BT-50 para determinar dichos coeficientes.

Tabla 3.8 Condiciones de prueba para determinar el coeficiente de adherencia.

Condiciones de pruebas		
Marca	Mazda	
Modelo	BT-50 diésel 4x4 C.D.	
N° VIN	8LFUNY02GBM003782	
Año de fabricación	2011	
Carga del vehículo	920 kg.	
Superficie de pruebas	Empedrado	Asfalto
N° de pruebas realizadas	6	6
Presión de inflado de neumáticos (PSI)	Del.: 35 / Pos.: 44	Del.: 35 / Pos.: 44
Temperatura ambiente promedio	21,3°C	26,2°C
Temperatura inicial de frenos promedio	82,0°C	71,7°C
Velocidad del viento máxima	10 m/s	
Velocidad de pruebas	50 km/h	
Capacidad del tanque de combustible	75%	

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

Una vez que se tiene conocimiento de las condiciones en las cuales se realizan las pruebas de frenado, se puede obtener los datos de la aceleración negativa que sufre el centro de masa del vehículo al momento de aplicar los frenos, y realizar los respectivos cálculos de los coeficientes de adherencia (ε) de las superficies de pruebas.

En la figura 3.17, se indica la curva filtrada de la desaceleración versus tiempo del vehículo de prueba en superficie de rodadura empedrada; mientras que en la figura 3.18, se indica la curva filtrada en superficie de rodadura asfaltado, ambas del mismo vehículo.

Una vez obtenidas las gráficas se pueden determinar las fuerzas dinámicas y los coeficientes de adherencia producidos entre las llantas y la superficie de rodadura de las vías de prueba. En la tabla 3.9 se muestran todos los datos debidamente cuantificados en base a las formulas descritas en el capítulo 2 del presente trabajo.

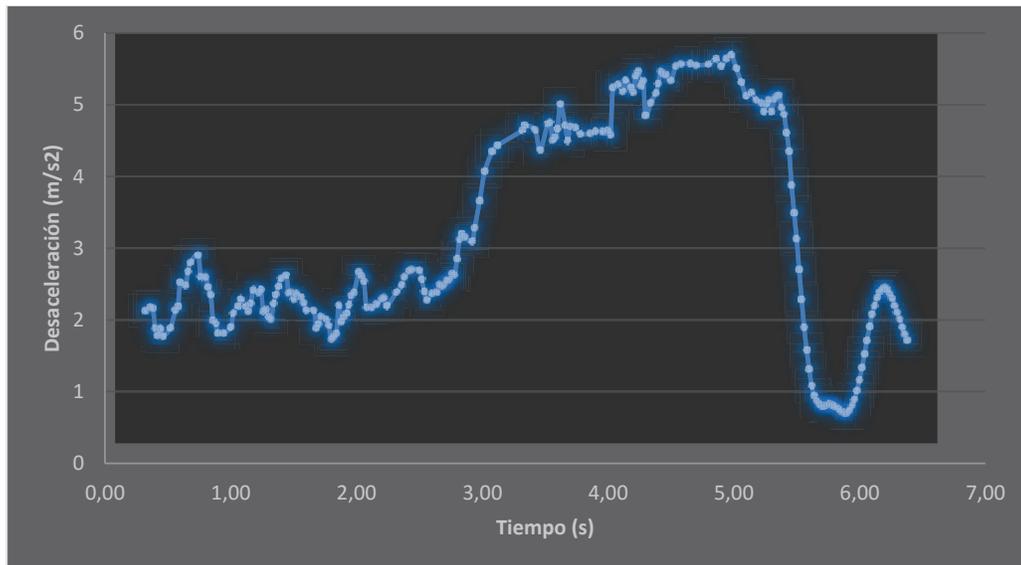


Figura 3.17 Desaceleración del centro de masa del vehículo Mazda BT-50 en superficie de rodadura empedrada a 50 km/h.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

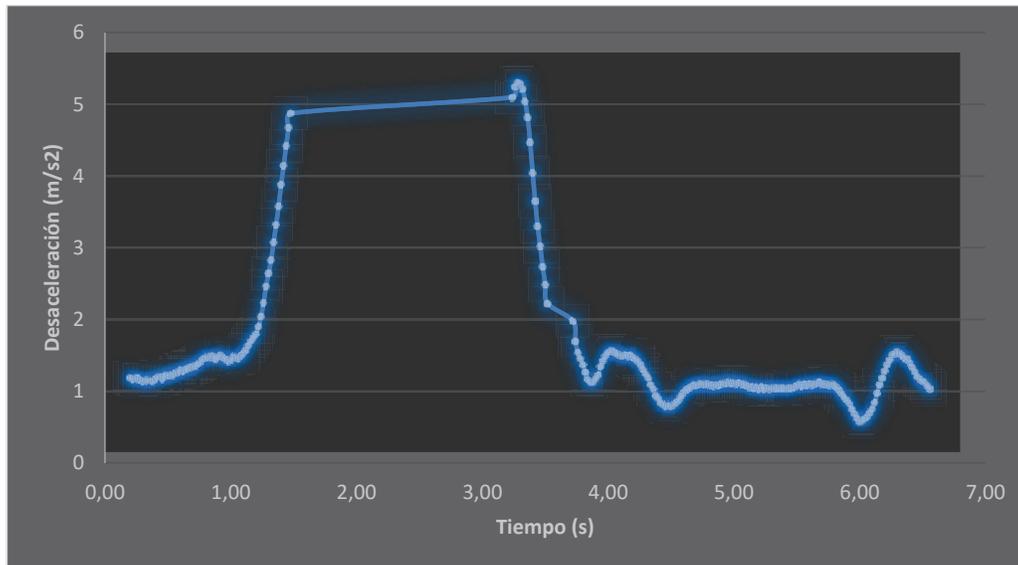


Figura 3.18 Desaceleración del centro de masa del vehículo Mazda BT-50 en superficie de rodadura asfaltada a 50 km/h.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

Tabla 3.9 Coeficientes de adherencia de la vía de prueba.

Tipo de superficie de rodadura	Empedrado	Asfalto
Tiempo de frenado promedio	3,39 (s)	2,55 (s)
Coeficiente de frenado máximo (z_{AL})	0,250	0,334
Coeficiente de frenado (z_M)	0,1667	0,222
Coeficiente de adherencia delantero (k_f)	0,252	0,336
Coeficiente de adherencia posterior (k_r)	0,389	0,517
Fuerzas dinámicas delantera ($F_{f\ dyn}$)	11761,1 [N]	11954,2 [N]
Fuerzas dinámicas posterior ($F_{r\ dyn}$)	6387,4 [N]	6194,3 [N]
Coeficiente de adherencia (k_M)	0,300	0,398
Coeficiente de adherencia de la calzada (ε)	0,83	0,84

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

En la tabla 3.10, se indican las distancias recorridas y el valor de desaceleración máxima desarrollados por el vehículo de pruebas durante la sesión de frenado en las dos vías de pruebas.

Tabla 3.10 Datos promedio de tiempo, distancia de frenado y desaceleración registrados en la prueba de frenado del vehículo Mazda BT-50 a 50 km/h.

Magnitudes	Empedrado	Asfalto
Distancia de frenado real	10,28 [m]	6,87 [m]
Distancia de frenado ideal	-	$\leq 20,0$ [m]
Desaceleración pico máximo	5,70 [m/s^2]	5,30 [m/s^2]

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

Cabe recalcar que se trabaja con valores promedio en ciertas magnitudes físicas, en vista de que del total de pruebas realizadas en las distintas superficies, no todas arrojan datos satisfactorios. El criterio utilizado para la selección de aquellas pruebas con las que se va a trabajar posteriormente para los respectivos análisis, se basa en la curva de desaceleración que debe generarse al momento de simular un freno de pánico en el vehículo, dicha curva se muestra en la figura 3.19, realizada en una prueba de frenado a 100 km/h como indica la regulación ECE 13-H.

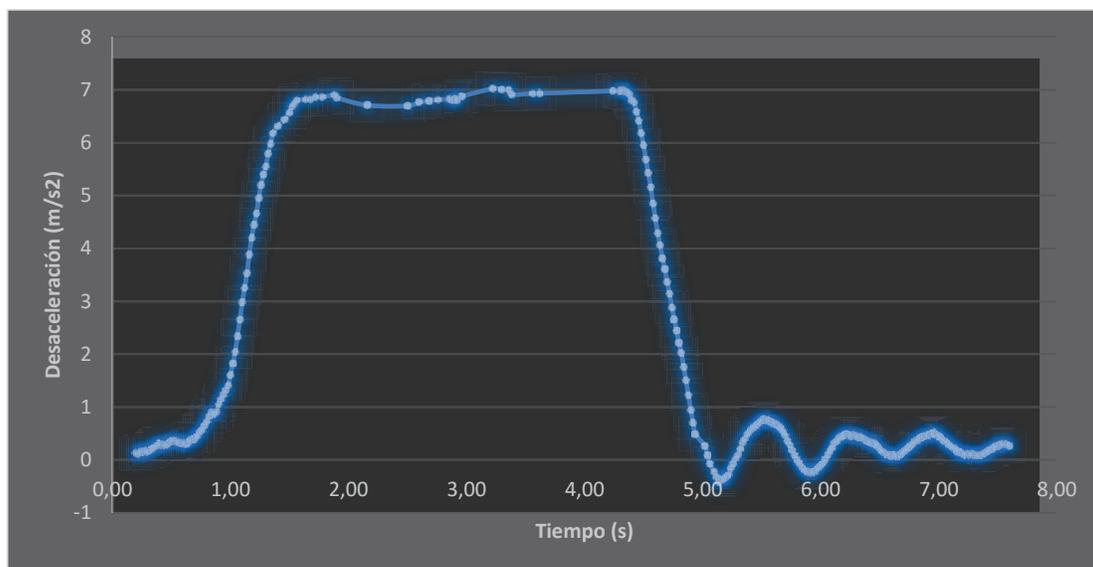


Figura 3.19 Desaceleración del centro de masa del vehículo Chevrolet Luv D-Max en superficie asfaltada a 100 km/h.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

3.3. RESULTADOS DE PRUEBAS DEL SISTEMA ABS

A continuación se muestran las condiciones generales de prueba para cada uno de los vehículos en las dos superficies de pruebas y los resultados que se obtuvieron de las mismas, condiciones que se expuso en el subcapítulo 2.6 del presente trabajo.

3.3.1. MAZDA BT-50 DIESEL 4x4 C.D.

En la tabla 3.11 se muestran las condiciones bajo las cuales se prueba la camioneta en las dos superficies de las vías de prueba.

La gráfica desaceleración versus tiempo de la camioneta en superficie de rodadura empedrada se muestra en la figura 3.20; mientras que en la gráfica 3.21 se muestra la gráfica pero en superficie de rodadura de asfalto.

Tabla 3.11 Condiciones de prueba para el sistema ABS Mazda BT-50.

Condiciones de pruebas		
N° VIN	8LFUNY02GBM003782	
Año de fabricación	2011	
Carga del vehículo	920 kg.	
Superficie de pruebas	Empedrado	Asfalto
N° de pruebas realizadas	6	6
Presión de inflado de neumáticos (PSI)	Del.: 35 / Pos.: 44	Del.: 35 / Pos.: 44
Temperatura ambiente promedio	21,7°C	28,9°C
Temperatura inicial de frenos promedio	70,2°C	69,9°C
Velocidad del viento máxima	10 m/s	
Velocidad de pruebas	70 km/h	
Capacidad del tanque de combustible	75 %	

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

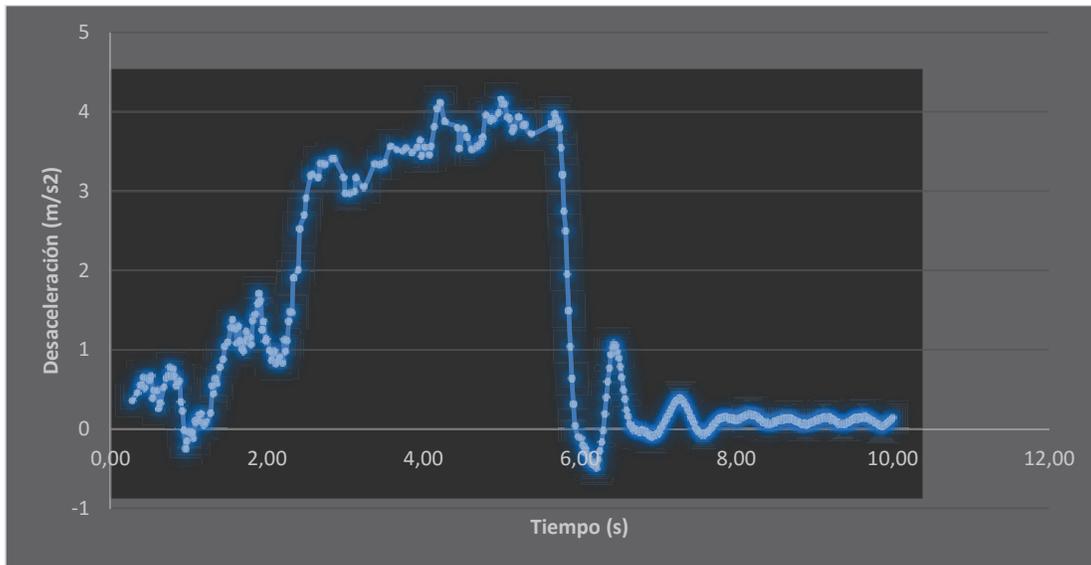


Figura 3.20 Desaceleración del centro de masa del vehículo Mazda BT-50 en superficie de rodadura empedrada a 70 km/h.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

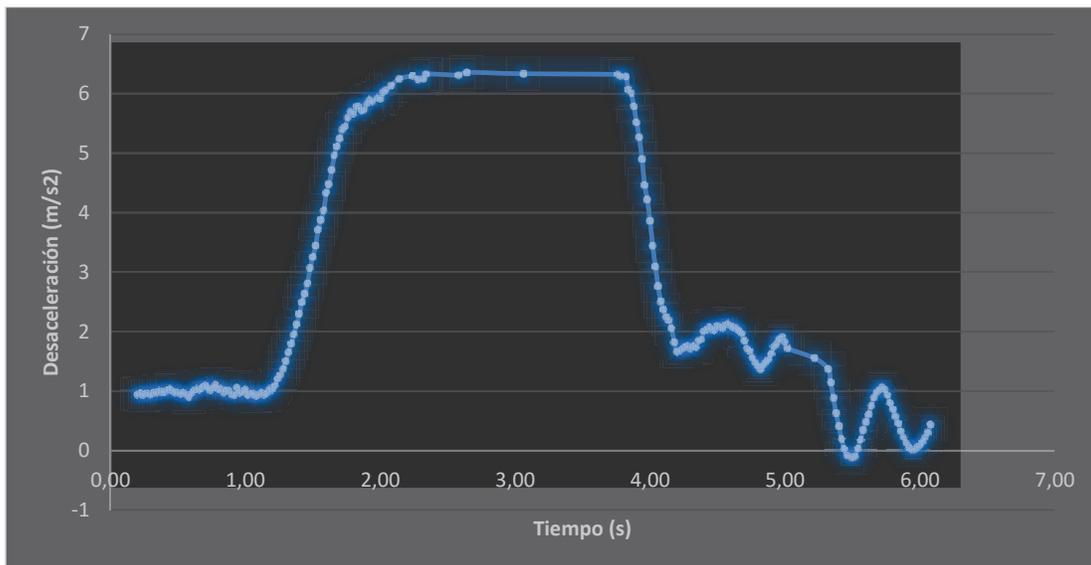


Figura 3.21 Desaceleración del centro de masa del vehículo Mazda BT-50 en superficie de rodadura asfaltada a 70 km/h.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

En la tabla 3.12 se indican los tiempos de frenado, distancias recorridas y el valor de desaceleración máxima desarrollados por el vehículo de pruebas durante la sesión de frenado.

Tabla 3.12 Datos promedio de tiempo, distancia de frenado y desaceleración registrados en la prueba de frenado del vehículo Mazda BT-50 a 70 km/h.

Magnitudes	Empedrado	Asfalto
Tiempo de frenado	3,69 [s]	2,86 [s]
Distancia de frenado real	24,22 [m]	15,6 [m]
Distancia de frenado ideal	-	≤ 36,4 [m]
Desaceleración pico máximo	4,16 [m/s^2]	6,36 [m/s^2]

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

3.3.2. CHEVROLET LUV D-MAX 4x4 DIÉSEL C.D.

En la tabla 3.13 se muestran las condiciones bajo las cuales se prueba la camioneta en las dos superficies de las vías de prueba.

Tabla 3.13 Condiciones de prueba para el sistema ABS Chevrolet Luv D-Max.

Condiciones de pruebas		
N° VIN	8LBETF3N8E0253792	
Año de fabricación	2014	
Carga del vehículo	1025 kg.	
Superficie de pruebas	Empedrado	Asfalto
N° de pruebas realizadas	6	6
Presión de inflado de neumáticos (PSI)	Del.: 36 / Pos.: 36	Del.: 36 / Pos.: 36
Temperatura ambiente promedio	23,7°C	35,0°C
Temperatura inicial de frenos promedio	77,3°C	71,6°C
Velocidad del viento máxima	10 m/s	
Velocidad de pruebas	70 km/h	
Capacidad del tanque de combustible	75 %	

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

En la figura 3.22, se muestra la gráfica desaceleración versus tiempo de la camioneta en superficie de rodadura empedrada, mientras que en la gráfica 3.23 se muestra la gráfica pero en superficie de rodadura de asfalto.

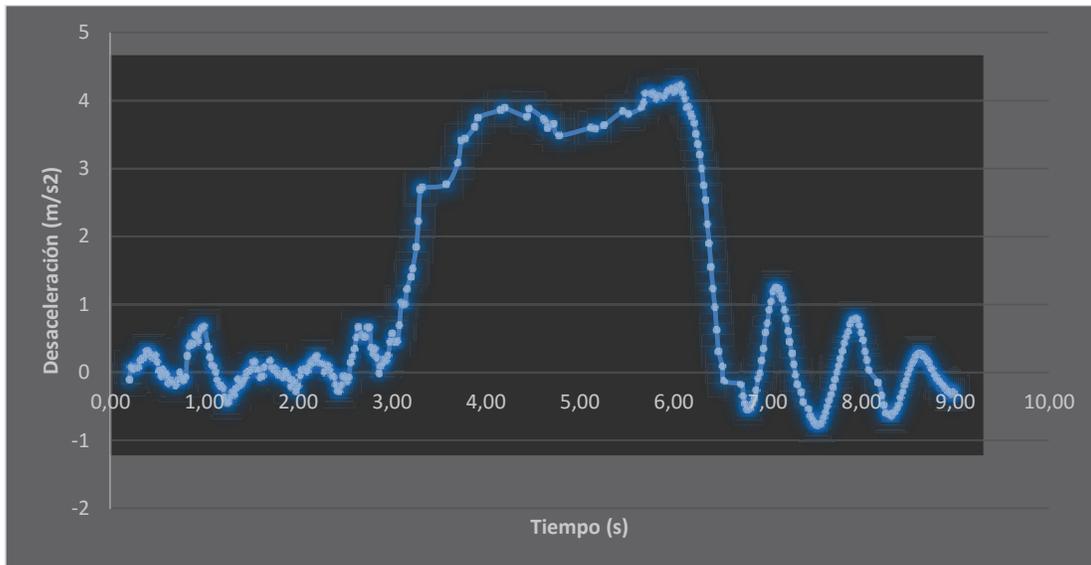


Figura 3.22 Desaceleración del centro de masa del vehículo Chevrolet Luv D-Max en superficie de rodadura empedrada a 70 km/h.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

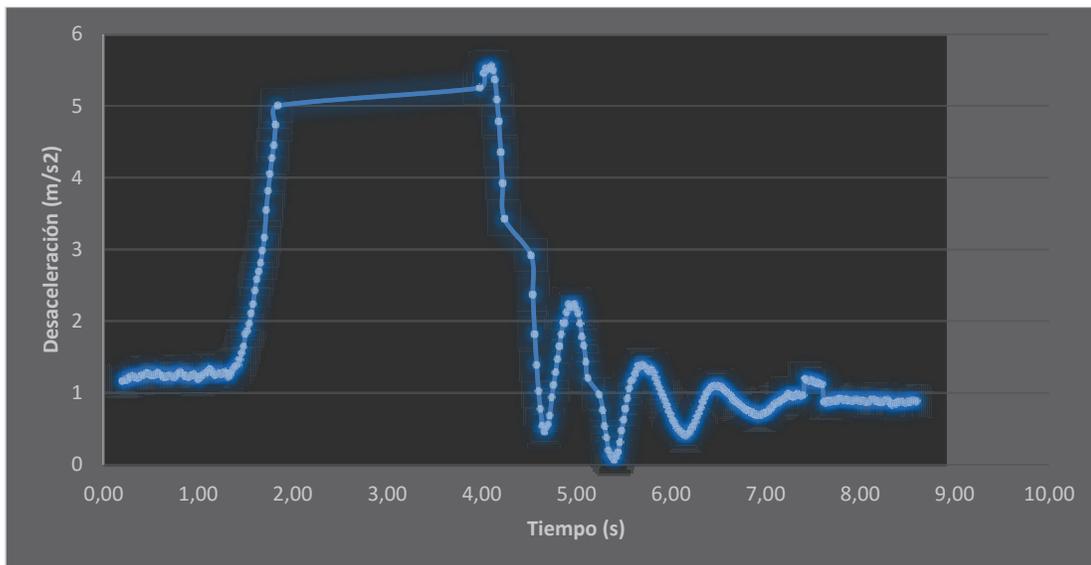


Figura 3.23 Desaceleración del centro de masa del vehículo Chevrolet Luv D-Max en superficie de rodadura asfaltada a 70 km/h.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

En la tabla 3.14 se indican los tiempos de frenado, distancias recorridas y el valor de desaceleración máxima desarrollados por el vehículo de pruebas durante la sesión de frenado.

Tabla 3.14 Datos promedio de tiempo, distancia de frenado y desaceleración registrados en la prueba de frenado del vehículo Chevrolet Luv D-Max a 70 km/h.

Magnitudes	Empedrado	Asfalto
Tiempo de frenado	3,37 [s]	2,89 [s]
Distancia de frenado real	14,38 [m]	14,5 [m]
Distancia de frenado ideal	-	≤ 36,4 [m]
Desaceleración pico máximo	4,22 [m/s^2]	5,56 [m/s^2]

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

3.3.3. TOYOTA HILUX 4x4 GASOLINA C.D. S.R.

En la tabla 3.15 se muestran las condiciones bajo las cuales se prueba la camioneta en las dos superficies de las vías de prueba.

Tabla 3.15 Condiciones de prueba para el sistema ABS Toyota Hilux.

Condiciones de pruebas		
N° VIN	MR0FX29G6B2505390	
Año de fabricación	2011	
Carga del vehículo	1025 kg.	
Superficie de pruebas	Empedrado	Asfalto
N° de pruebas realizadas	6	6
Presión de inflado de neumáticos (PSI)	Del.: 35 / Pos.: 44	Del.: 35 / Pos.: 44
Temperatura ambiente promedio	20,9°C	35,6°C
Temperatura inicial de frenos promedio	72,9°C	70,0°C
Velocidad del viento máxima	10 m/s	
Velocidad de pruebas	70 km/h	
Capacidad del tanque de combustible	100 %	

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

En la figura 3.24 se muestra la gráfica desaceleración versus tiempo de la camioneta en superficie de rodadura empedrada, mientras que en la figura 3.25 se muestra la gráfica en superficie de rodadura de asfalto.

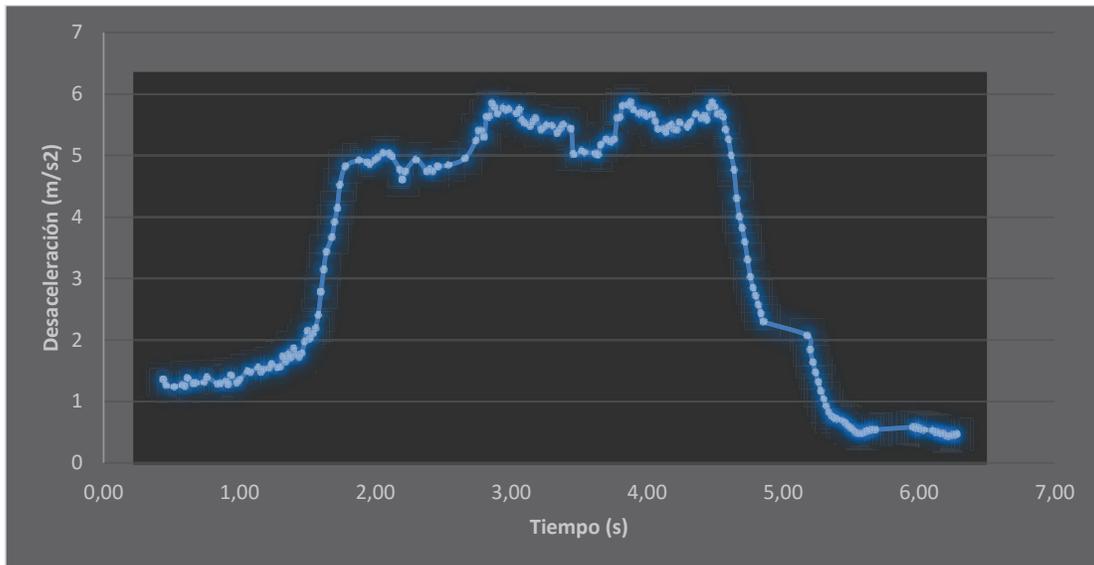


Figura 3.24 Desaceleración del centro de masa del vehículo Toyota Hilux en superficie de rodadura empedrada a 70 km/h.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

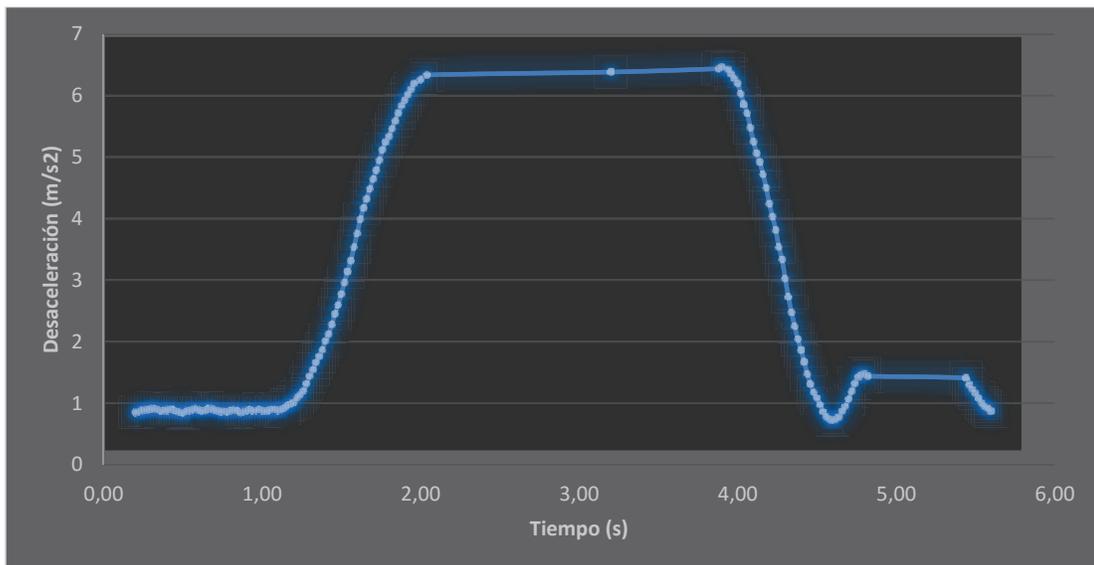


Figura 3.25 Desaceleración del centro de masa del vehículo Toyota Hilux en superficie de rodadura asfaltado a 70 km/h.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

En la tabla 3.16 se muestran las variables promedio registradas al momento de realizar las pruebas de frenado.

Tabla 3.16 Datos promedio de tiempo, distancia de frenado y desaceleración registrados en la prueba de frenado del vehículo Toyota Hilux a 70 km/h.

Magnitudes	Empedrado	Asfalto
Tiempo de frenado	3,65 [s]	2,97 [s]
Distancia de frenado real	19,13 [m]	17,14 [m]
Distancia de frenado ideal	-	$\leq 36,4$ [m]
Desaceleración pico máximo	5,87 [m/s^2]	6,46 [m/s^2]

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

3.3.4. TABULACIÓN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Una vez analizados los datos registrados con el sensor de aceleración, se los procesó aplicando, en primera instancia, la desviación media estándar y posteriormente la media móvil simple, lo que permitió tener las curvas de las aceleraciones del centro de masa de cada vehículo, que se indicaron en los subcapítulos anteriores.

A continuación se detallan las distancias, tiempos de frenado y los valores de aceleraciones que experimentaron los vehículos de prueba en cada una de las sesiones realizadas. En la figura 3.26, se muestra las distancias de frenado que se produjeron en las pruebas realizadas en las dos superficies de prueba, las cuales se comparan con la distancia que indica la regulación ECE 13-H.

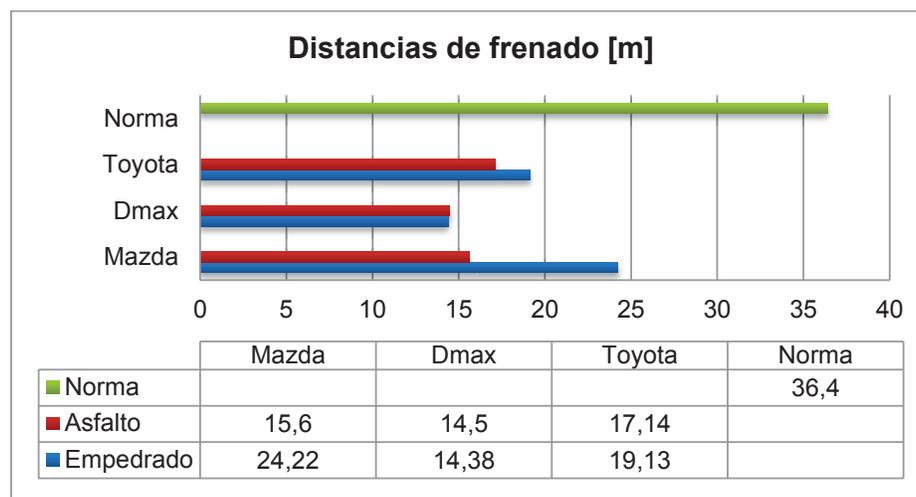


Figura 3.26 Distancias de frenado de los vehículos de prueba.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

Los tiempos de frenado, se obtuvieron al revisar los datos registrados por el sensor de aceleración. En la figura 3.27 se muestran los tiempos empleados para detenerse, por cada vehículo, en las dos superficies de pruebas.

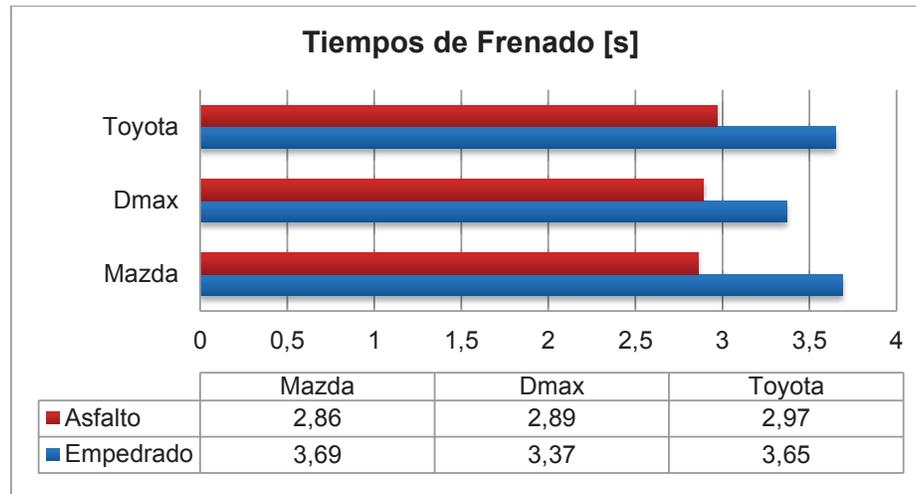


Figura 3.27 Tiempos de frenado de los vehículos de prueba.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

Finalmente, los valores de aceleración negativa generados por los vehículos, tanto en superficie de prueba asfaltada como empedrada, se indican en la figura 3.28.

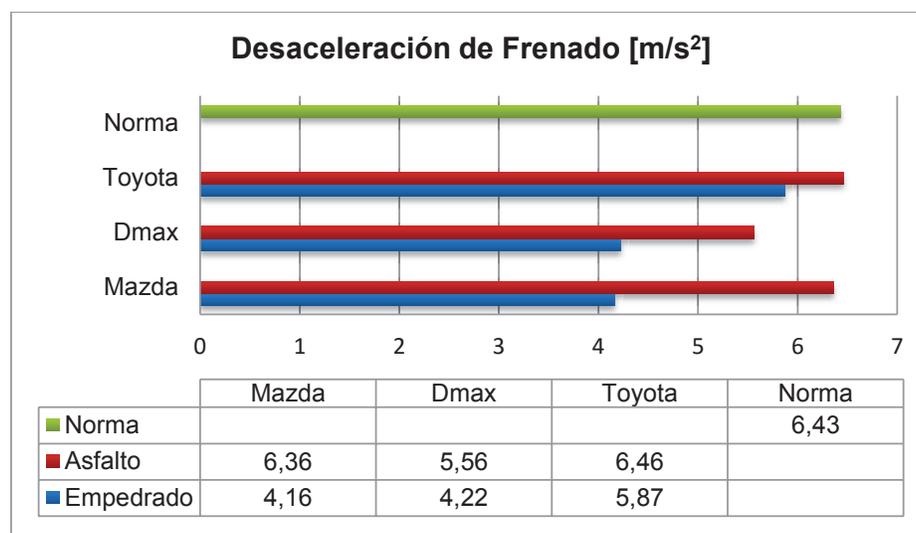


Figura 3.28 Aceleraciones pico máximo de los vehículos de prueba.

Fuente: Tamayo, J., Reyes, G.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Una vez que se conoce que las fuerzas que actúan sobre el vehículo durante su movimiento y éstas a su vez son transmitidas directamente a las ruedas, es importante conocer el comportamiento de la rueda frenada por el sistema de frenos ABS. De acuerdo a la segunda ley de Newton, todas las fuerzas que actúan sobre la rueda producen un aceleración o desaceleración que influye directamente en la velocidad de la rueda; si se considera que cuando un vehículo está en movimiento el centro de masa de las ruedas experimentan, teóricamente, los mismos valores de velocidad y aceleración que el centro de masa del vehículo; es así que el principal parámetro que se registró es la desaceleración del centro de masa del automóvil, con éste dato se calcularon los tiempos de frenado promedio, los coeficientes de rozamiento y adherencia de la calzada, las fuerzas dinámicas de reacción que se tienen en cada uno de los ejes del vehículo de pruebas y la distancia de frenado promedio. Magnitudes como la fuerza aplicada al pedal del freno, fuerza de frenado en cada rueda, presión de frenado en las cañerías de fluido hidráulico, velocidad de giro de las ruedas no se registraron en virtud de que el objetivo del presente proyecto no es realizar pruebas de frenado para certificación internacional.
- En cuanto a la vía de pruebas, en la tabla 3.9 Coeficientes de adherencia de las vías de prueba, el material de construcción de la superficie de rodadura de cada una de las vías de pruebas seleccionada presente un valor de adherencia similar que cumple con lo que estipula la regulación ECE 13-H, es decir; el valor es de 0,8. Al comparar los coeficientes de rozamiento entre la vía asfaltada y la vía empedrada, es evidente que los mayores coeficientes de

adherencia están presentes en la superficie asfaltada por lo que es más factible que la rueda tienda a deslizarse menos veces que en la superficie empedrada; razón por la que de acuerdo a los datos expuesto en la figura 3.26 existen diferencias en las distancias de frenado en ambas superficies, para el vehículo Chevrolet Luv D-Max se tienen una diferencia en la distancia de 1%, para la camioneta Mazda BT-50 la diferencia es de casi 55,3% y finalmente para el modelo Toyota Hilux la diferencia es el 11,6%.

- Para comparar las curvas de desaceleración en cada una de las superficies de rodadura, se hizo una prueba en asfalto siguiendo todo el protocolo de pruebas de la regulación europea. Con base a ésta curva, las otras fueron comparadas; si bien es cierto que las curvas obtenidas en empedrado presentan algunos valores picos a lo largo del tiempo de frenado, la tendencia de la misma es muy similar a la de la curva de la figura 3.19. Al revisar los diagramas de barras de la figura 3.28 donde se cuantifica los valores de aceleraciones pico y compararlas se tiene que cada vehículo de prueba, las aceleraciones son menores en la vía empedrada si se los compara con los valores registrados la otra vía; es así que para la camioneta Mazda BT-50 la desaceleración pico máxima en empedrado es aproximadamente el 65,4% de la obtenida en la vía asfaltada, mientras que para la Chevrolet Luv D-Max se tiene un valor de 75,9% y finalmente para la camioneta Toyota Hilux es de aproximadamente 91%.
- Con base a los datos de la figura 3.27, los tiempos de frenado promedio entre las dos vías se diferencia en aproximadamente un segundo, siendo el menor tiempo registrado en la vía asfaltada. Al comparar los tiempos de acuerdo por vehículo probado, se tiene para la camioneta Mazda BT-50 es de un aproximadamente 29%; para la camioneta Chevrolet Luv D-Max se tiene un valor aproximado de 16.6%, y para la Toyota Hilux un aproximado de 22,9%.
- Una vez realizadas las comparaciones mediante las cuantificaciones de las variables físicas medidas durante las pruebas, las sensaciones experimentadas por parte del piloto de prueba también deben ser consideradas. Es así que al utilizar diferentes vehículos de pruebas, no todos se comportan de la misma manera, por lo que familiarizarse con cada uno de los vehículos fue una necesidad que debió ser satisfecha, entre las que se

puede mencionar la estabilidad en marcha y durante el frenado del automotor, el confort y la sensación de seguridad que brinda cada una de las camionetas durante las pruebas de frenado.

4.2. RECOMENDACIONES

- Utilizar un solo juego de neumáticos para mantener las mismas condiciones de adherencia para todos los vehículos de prueba, y al momento de realizar de enllantar al vehículo, verificar las características físicas del aro y el neumático, ya que al colocarlos puede existir algún tipo de rozamiento con los elementos de suspensión ocasionando algún tipo de daño a los elementos.
- Utilizar el sensor de aceleración con una calibración de frecuencia de registro de datos mayores a 50HZ, ideal 160 HZ, para obtener una mayor cantidad de valores de aceleraciones con el objeto de tener una curva más detallada para su estudio.
- Para la selección de la vía de pruebas se debe considerar las dimensiones e inclinaciones que se indican en la regulación ECE 13-H y al igual que las indicadas en la normativa CFR. 49 y tratar de que la geografía del sitio donde se encuentra la vía se aproxime a dichos valores.
- Realizar pruebas en lugares donde no transite en gran afluencia de vehículos, considerando en primera instancia la seguridad; y la estandarización del coeficiente de adherencia, ya que como los ensayos no son realizados seguidamente es importante que dicho coeficiente no cambie ya sea por condiciones climáticas como la lluvia o físicas por la circulación de automotores.
- En la fase de pruebas es necesario marcar los lugares donde el vehículo adquiere una velocidad promedio, y el lugar donde se frena; estos puntos de referencia serán estandarizados mediante algunas pruebas de ruta hasta alcanzar los valores establecidos según la norma ECE-13H para correcta realización de los ensayos.
- Al momento de realizar las pruebas, se debe considerar que la velocidad del viento no supere el valor indicado en la regulación europea, en vista de que dependiendo de los valores que se tenga, se pueden suscitar paradas de

hasta tres horas, dependiendo las condiciones climáticas, para realizar las pruebas lo que permitiría realizar pocas sesiones de prueba durante un día completo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Perera, Albert Martí. Frenos ABS. Barcelona (España): Marcombo S.A. (1993)
- [2] Agencia Nacional de Tránsito. [En línea] [Citado el: 14 de junio de 2014] http://www.ant.gob.ec/index.php/servicios/transito-12/que-es-la-homologacion-vehicular#.U5zSYEDV_1U
- [3] Laboratorios que pertenezcan al Foro Mundial para la Armonización de los Reglamentos sobre Vehículos (WP.29) de la UNECE.
- [4] Karl Heinz Dietsche, Manual de la Técnica del Automóvil, Alemania, 2005.
- [5] Manual Técnico de las Pastillas De Freno, Seat.
- [6] Investigación de Accidentes de Tránsito, Pablo Luque.
- [7] Paredes, N. (28 de 04 de 2015). Centro de Apoyo a Víctimas de Accidentes de Tránsito Nicole Paredes. Obtenido de <http://www.cavat-nicoleparedes.org/?p=195>
- [8] OMS. (26 de Septiembre de 2014). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de http://www.who.int/roadsafety/decade_of_action/plan/spanish.pdf
- [9] Ministerio del Transporte y Obras Públicas. (28 de abril de 2015). Obtenido de <http://www.obraspublicas.gob.ec/ecuador-presente-en-la-reunion-del-foro-mundial-para-la-armonizacion-de-las-regulaciones-vehiculares/>
- [10] ADMINISTRATION, N. H. (10 de julio de 2014) NHTSA Web APIs. Obtenido

de <http://www.nhtsa.gov/webapi/Default.aspx?SafetyRatings/API/5>

- [11] Snyder, A., Jones, J., Grygier, P., & Garrot, R. (2005). NHTSA Light Vehicle ABS Performance test Development.
- [12] Mazzae, E. N., Barickman, F. S., Baldwin, G. H. S., and Forkenbrock, G. (1999) Driver Crash Avoidance Behavior with ABS in a Intersection Incursion Scenario on Dry Versus Wet Pavement. SAE Paper N° 1999-01-1288.
- [13] Regulación N° 13-H disposiciones uniformes relativas a la aprobación de los vehículos automóviles de pasajeros en lo relativo al frenado ECE/TRANS/505/Rev.2/Add.12H/Rev.2, Octubre 2011.
<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/R13hr2e.pdf>
- [14] Código de Regulación Federal (CFR.), 49 CFR. Ch. V, NHTSA FMVSS Parte 571 Estándar N° 105, Sistema de frenos hidráulicos y eléctricos. (10-1-11 Edición).
http://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=8e6b28ff3e1cdc1ae80d6be8c8af721f&n=49y6.1.2.3.38&r=PART&ty=HTML#se49.6.571_1105
- [15] Código de Regulación Federal (CFR.), 49 CFR. Ch. V, NHTSA FMVSS Parte 571 Estándar N° 135, Sistema de frenos en vehículos ligeros. (10-1-11 Edición).
http://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=8e6b28ff3e1cdc1ae80d6be8c8af721f&n=49y6.1.2.3.38&r=PART&ty=HTML#se49.6.571_1135

ANEXOS

ANEXO I

**REGULACIÓN N° 13-H DISPOSICIONES UNIFORMES
RELATIVAS A LA APROBACIÓN DE LOS VEHÍCULOS
AUTOMÓVILES DE PASAJEROS EN LO RELATIVO AL
FRENADO.**

E/ECE/324/Rev.2/Add.12H/rev.2

E/ECE/TRANS/505/Rev.2/Add.12H/Rev.2

Anexo 6: Test requirements for vehicles fitted with anti-lock systems

1. General
 - 1.1. This annex defines the required braking performance for road vehicles fitted with anti-lock systems.
 - 1.2. The anti-lock systems known at present comprise a sensor or sensors, a controller or controllers and a modulator or modulators. Any device of a different design which may be introduced in the future, or where an anti-lock braking function is integrated into another system, shall be deemed to be an anti-lock braking system within the meaning of this annex and Annex 5 to this Regulation, if it provides performance equal to that prescribed by this annex.
2. Definitions
 - 2.1. An "*anti-lock system*" is a part of a service braking system which automatically controls the degree of slip, in the direction of rotation of the wheel(s), on one or more wheels of the vehicle during braking.
 - 2.2. "*Sensor*" means a component designed to identify and transmit to the controller the conditions of rotation of the wheel(s) or the dynamic conditions of the vehicle.
 - 2.3. "*Controller*" means a component designed to evaluate the data transmitted by the sensor(s) and to transmit a signal to the modulator.
 - 2.4. "*Modulator*" means a component designed to vary the braking force(s) in accordance with the signal received from the controller.
 - 2.5. "*Directly controlled wheel*" means a wheel whose braking force is modulated according to data provided at least by its own sensor¹.

- 2.6. "*Indirectly controlled wheel*" means a wheel whose braking force is modulated according to data provided by the sensor(s) of other wheel(s)1.
- 2.7. "*Full cycling*" means that the anti-lock system is repeatedly modulating the brake force to prevent the directly controlled wheels from locking. Brake applications where modulation only occurs once during the stop shall not be considered to meet this definition.
3. Types of anti-lock systems
 - 3.1. A vehicle is deemed to be equipped with an anti-lock system within the meaning of paragraph 1. of Annex 5 to this Regulation, if one of the following systems is fitted:
 - 3.1.1. Category 1 anti-lock system

A vehicle equipped with a category 1 anti-lock system shall meet all the requirements of this annex.
 - 3.1.2. Category 2 anti-lock system

A vehicle equipped with a category 2 anti-lock system shall meet all the requirements of this annex, except those of paragraph 5.3.5.
 - 3.1.3. Category 3 anti-lock system

A vehicle equipped with a category 3 anti-lock system shall meet all the requirements of this annex, except those of paragraphs 5.3.4. and 5.3.5. On such vehicles, any individual axle which does not include at least one directly controlled wheel must fulfil the conditions of adhesion utilization and the wheel-locking sequence of Annex 5 to this Regulation, instead of the adhesion utilization requirements prescribed in paragraph 5.2. of this annex. However, if the relative positions of the adhesion utilization curves do not meet the requirements of paragraph 3.1. of Annex 5 to this Regulation, a check shall be made to ensure that the wheels on at least one of the rear axles do not lock before those of the front axle or axles under the conditions prescribed in paragraph 3.1. of Annex 5 to this Regulation, with regard to the braking rate and the load respectively. These requirements may be checked on high- and low-adhesion road surfaces (about 0.8 and 0.3 maximum) by modulating the service braking control force.
4. General requirements
 - 4.1. Any electrical failure or sensor anomaly that affects the system with respect

to the functional and performance requirements in this annex, including those

in the supply of electricity, the external wiring to the controller(s), the controller(s) and the modulator(s) shall be signalled to the driver by a specific optical warning signal. The yellow warning signal specified in paragraph 5.2.21.1.2. of this Regulation shall be used for this purpose.

- 4.1.1. Sensor anomalies, which cannot be detected under static conditions, shall be detected not later than when the vehicle speed exceed 10 km/h. However, to prevent erroneous fault indication when a sensor is not generating a vehicle speed output, due to non-rotation of a wheel, verification may be delayed but detected not later than when the vehicle speed exceeds 15 km/h.
- 4.1.2. When the anti-lock braking system is energized with the vehicle stationary, electrically controlled pneumatic modulator valve(s) shall cycle at least once.
- 4.2. In the event of a single electrical functional failure which only affects the anti-lock function, as indicated by the above-mentioned yellow warning signal, the subsequent service braking performance must not be less than 80 per cent of the prescribed performance according to the Type-0 test with the engine disconnected. This corresponds to a stopping distance of $0.1 v + 0.0075 v^2 (m)$ and a mean fully developed deceleration of $5.15 m/s^2$.
- 4.3. The operation of the anti-lock system must not be adversely affected by magnetic or electrical fields. (This shall be demonstrated by compliance with Regulation No. 10, 02 series of amendments).
- 4.4. A manual device may not be provided to disconnect or change the control mode of the anti-lock system.
5. Special provisions
 - 5.1. Energy consumption

Vehicles equipped with anti-lock systems must maintain their performance when the service braking control device is fully applied for long periods. Compliance with this requirement shall be verified by means of the following tests:

5.1.1. Test procedure

- 5.1.1.1. The initial energy level in the energy storage device(s) shall be that specified by the manufacturer. This level shall be at least such as to ensure the efficiency prescribed for service braking when the vehicle is laden. The energy storage device(s) for pneumatic auxiliary equipment must be isolated.
- 5.1.1.2. From an initial speed of not less than 50 km/h, on a surface with a coefficient of adhesion of 0.3 or less, the brakes of the laden vehicle shall be fully applied for a time t , during which time the energy consumed by the indirectly controlled wheels shall be taken into consideration and all directly controlled wheels must remain under control of the anti-lock system.
- 5.1.1.3. The vehicle's engine shall then be stopped or the supply to the energy transmission storage device(s) cut off.
- 5.1.1.4. The service braking control shall then be fully actuated four times in succession with the vehicle stationary.
- 5.1.1.5. 5.1.1.5. When the brakes are applied for the fifth time, it must be possible to brake the vehicle with at least the performance prescribed for secondary braking of the laden vehicle.

5.1.2. Additional requirements

- 5.1.2.1. The coefficient of adhesion of the road surface shall be measured with the vehicle under test, by the method described in paragraph 1.1. of Appendix 2 to this annex.
- 5.1.2.2. The braking test shall be conducted with the engine disconnected and idling, and with the vehicle laden.
- 5.1.2.3. The braking time t shall be determined by the formula:

$$t = \frac{v_{MAX}}{7}$$

(but not less than 15 seconds)

where t is expressed in seconds and v_{max} represents the maximum design speed of the vehicle expressed in km/h, with an upper limit of 160 km/h.

- 5.1.2.4. If the time t cannot be completed in a single braking phase, further phases may be used, up to a maximum of four in all.
- 5.1.2.5. If the test is conducted in several phases, no fresh energy shall be supplied between the phases of the test. From the second phase, the energy consumption corresponding to the initial brake application may be taken into account, by subtracting one full brake application from the four full applications prescribed in paragraph 5.1.1.4. (and 5.1.1.5. and 5.1.2.6.) of this annex for each of the second, third and fourth phases used in the test prescribed in paragraph 5.1.1. of this annex as applicable.
- 5.1.2.6. The performance prescribed in paragraph 5.1.1.5. of this annex shall be deemed to be satisfied if, at the end of the fourth application, with the vehicle stationary, the energy level in the storage device(s) is at or above that required for secondary braking with the laden vehicle.
- 5.2. Utilization of adhesion
- 5.2.1. The utilization of adhesion by the anti-lock system takes into account the actual increase in braking distance beyond the theoretical minimum. The antilock system shall be deemed to be satisfactory when the condition $\varepsilon \geq 0.75$ is satisfied, where ε represents the adhesion utilized, as defined in paragraph 1.2. of Appendix 2 to this annex.
- 5.2.2. The adhesion utilization ε shall be measured on road surfaces with a coefficient of adhesion of 0.3 or less, and of about 0.8 (dry road), with an initial speed of 50 km/h. To eliminate the effects of differential brake temperatures it is recommended that Z_{AL} be determined prior to the determination of k .
- 5.2.3. The test procedure to determine the coefficient of adhesion (k) and the formulae for calculation of the adhesion utilization (ε) shall be those laid down in Appendix 2 to this annex.
- 5.2.4. The utilization of adhesion by the anti-lock system shall be checked on complete vehicles equipped with anti-lock systems of categories 1 or 2. In the case of vehicles equipped with category 3 anti-lock systems, only the axle(s) with at least one directly controlled wheel must satisfy this requirement.

5.2.5. The condition $\varepsilon \geq 0,75$ shall be checked with the vehicle both laden and unladen.

The laden test on the high adhesion surface may be omitted if the prescribed force on the control device does not achieve full cycling of the anti-lock system.

For the unladen test, the control force may be increased up to 100 daN if no cycling is achieved with its full force value. If 100 daN is insufficient to make the system cycle, then this test may be omitted.

5.3. Additional checks

The following additional checks shall be carried out with the engine disconnected, with the vehicle laden and unladen:

5.3.1. The wheels directly controlled by an anti-lock system must not lock when the full force is suddenly applied on the control device, on the road surfaces specified in paragraph 5.2.2. of this annex, at an initial speed of $v = 40 \text{ km/h}$ and at a high initial speed $v = 0.8v_{MAX} \leq 120 \text{ km/h}$;

5.3.2. When an axle passes from a high-adhesion surface (k_H) to a low-adhesion surface (k_L), where $k_H \geq 0,5$ and $k_H/k_L \geq 2$, with the full force applied on the control device, the directly controlled wheels must not lock. The running speed and the instant of applying the brakes shall be so calculated that, with the anti-lock system fully cycling on the high-adhesion surface, the passage from one surface to the other is made at high and at low speed, under the conditions laid down in paragraph 5.3.1.;

5.3.3. When a vehicle passes from a low-adhesion surface (k_L) to a high-adhesion surface (k_H), where $k_H \geq 0,5$ and $k_H/k_L \geq 2$, with the full force applied on the control device, the deceleration of the vehicle must rise to the appropriate high value within a reasonable time and the vehicle must not deviate from its initial course. The running speed and the instant of applying the brake shall be so calculated that, with the anti-lock system fully cycling on the lowadhesion surface, the passage from one surface to the other occurs at approximately 50 km/h;

5.3.4. The provisions of this paragraph shall only apply to vehicles equipped with anti-lock systems of categories 1 or 2. When the right and left wheels of the vehicle are situated on surfaces with differing coefficients of adhesion (k_L

and k_H), where $k_H \geq 0,5$ and $k_H/k_L \geq 2$, the directly controlled wheels must not lock when the full force $8/$ is suddenly applied on the control device at a speed of 50 km/h;

- 5.3.5. Furthermore, laden vehicles equipped with anti-lock systems of category 1 shall, under the conditions of paragraph 5.3.4. of this annex satisfy the prescribed braking rate in Appendix 3 to this annex;
- 5.3.6. However, in the tests provided in paragraphs 5.3.1., 5.3.2., 5.3.3., 5.3.4. and 5.3.5. of this annex, brief periods of wheel-locking shall be allowed. Furthermore, wheel-locking is permitted when the vehicle speed is less than 15 km/h; likewise, locking of indirectly controlled wheels is permitted at any speed, but stability and steerability must not be affected and the vehicle must not exceed a yaw angle of 15° or deviate from a 3.5 m wide lane;
- 5.3.7. During the tests provided in paragraphs 5.3.4. and 5.3.5. of this annex, steering correction is permitted, if the angular rotation of the steering control is within 120° during the initial 2 seconds, and not more than 240° in all. Furthermore, at the beginning of these tests the longitudinal median plane of the vehicle must pass over the boundary between the high- and low-adhesion surfaces and during these tests no part of the outer tyres must cross this boundary.

ANEXO II

**CÓDIGO DE REGULACIÓN FEDERAL (CFR.), 49 CFR. CH.
V, NHTSA FMVSS PARTE 571 ESTÁNDAR N° 105,
SISTEMA DE FRENOS HIDRÁULICOS Y ELÉCTRICOS.
(10-1-11 EDICIÓN).**

PARRAFOS RELEVANTES DE LA NORMATIVA CFR. 49 PARTE 571 ESTÁNDAR N° 105

S1. Scope. This standard specifies requirements for hydraulic and electric service brake systems, and associated parking brake systems.

S2. Purpose. The purpose of this standard is to insure safe braking performance under normal and emergency conditions.

S3. Application. This standard applies to multi-purpose passenger vehicles, trucks, and buses with a GVWR greater than 3,500 kilograms (7,716 pounds) that are equipped with hydraulic or electric brake systems.

S4. Definitions. Antilock brake system or ABS means a portion of a service brake system that automatically controls the degree of rotational wheel slip during braking by:

- (1) Sensing the rate of angular rotation of the wheels;
- (2) Transmitting signals regarding the rate of wheel angular rotation to one or more controlling devices which interpret those signals and generate responsive controlling output signals; and
- (3) Transmitting those controlling signals to one or more modulators which adjust brake actuating forces in response to those signals.

S5. Requirements.

S5.1 Service brake systems.

Each vehicle must be equipped with a service brake system acting on all wheels. Wear of the service brake must be compensated for by means of a system of automatic adjustment. Each passenger car and each multipurpose passenger vehicle, truck, and bus with a GVWR of 10,000 pounds or less must be capable of meeting the requirements of S5.1.1 through S5.1.6 under the conditions

prescribed in S6, when tested according to the procedures and in the sequence set forth in S7. Each school bus with a GVWR greater than 10,000 pounds must be capable of meeting the requirements of S5.1.1 through S5.1.5, and S5.1.7 under the conditions specified in S6, when tested according to the procedures and in the sequence set forth in S7. Each multipurpose passenger vehicle, truck and bus (other than a school bus) with a GVWR greater than 10,000 pounds must be capable of meeting the requirements of S5.1.1, S5.1.2, S5.1.3, and S5.1.7 under the conditions specified in S6, when tested according to the procedures and in the sequence set forth in S7. Except as noted in S5.1.1.2 and S5.1.1.4, if a vehicle is incapable of attaining a speed specified in S5.1.1, S5.1.2, S5.1.3, or S5.1.6, its service brakes must be capable of stopping the vehicle from the multiple of 5 mph that is 4 to 8 mph less than the speed attainable in 2 miles, within distances that do not exceed the corresponding distances specified in Table II. If a vehicle is incapable of attaining a speed specified in S5.1.4 in the time or distance interval set forth, it must be tested at the highest speed attainable in the time or distance interval specified.

S5.1.1 Stopping distance.

(a) The service brakes shall be capable of stopping each vehicle with a GVWR of less than 8,000 pounds, and each school bus with a GVWR between 8,000 pounds and 10,000 pounds in four effectiveness tests within the distances and from the speeds specified in S5.1.1.1, S5.1.1.2, S5.1.1.3, and S5.1.1.4.

(b) The service brakes shall be capable of stopping each vehicle with a GVWR of between 8,000 pounds and 10,000 pounds, other than a school bus, in three effectiveness tests within the distances and from the speeds specified in S5.1.1.1, S5.1.1.2, and S5.1.1.4.

(c) The service brakes shall be capable of stopping each vehicle with a GVWR greater than 10,000 pounds in two effectiveness tests within the distances and from the speeds specified in S5.1.1.2 and S5.1.1.3. Each school bus with a GVWR greater than 10,000 pounds manufactured after January 12, 1996 and before March 1, 1999 and which is equipped with an antilock brake system may comply with paragraph S5.1.1.2 and S5.5.1 rather than the first effectiveness test, as specified in S5.1.1.1. Each school bus with a GVWR greater than 10,000 pounds manufactured on or after March 1, 1999 shall be capable of meeting the

requirements of S5.1.1 through S5.1.5, under the conditions prescribed in S6, when tested according to the procedures and in the sequence set forth in S7.

S5.1.1.1 In the first (preburnished) effectiveness test, the vehicle shall be capable of stopping from 30 mph and 60 mph within the corresponding distances specified in column I of table II.

S5.1.1.2 In the second effectiveness test, each vehicle with a GVWR of 10,000 pounds or less and each school bus with a GVWR greater than 10,000 pounds shall be capable of stopping from 30 mph and 60 mph, and each vehicle with a GVWR greater than 10,000 pounds (other than a school bus) shall be capable of stopping from 60 mph, within the corresponding distances specified in Column II of Table II. If the speed attainable in 2 miles is not less than 84 mph, a passenger car or other vehicle with a GVWR of 10,000 pounds or less shall also be capable of stopping from 80 mph within the corresponding distances specified in Column II of Table II.

S5.1.1.3 In the third effectiveness test the vehicle shall be capable of stopping at lightly loaded vehicle weight from 60 mph within the corresponding distance specified in column III of table II.

TABLE II - STOPPING DISTANCES

Vehicle Test Speed (miles per hour)	Stopping Distance in feet for tests indicated															
	I-1st (preburnished) & 4th effectiveness; spike effectiveness check				II-2d effectiveness				III-3d (lightly loaded vehicles) effectiveness					IV-inoperative brake power and power assist unit; partial failure		
	(a)	(b)	(c)	(d)	(a)	(b) & (c)	(d)	(e)	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(a)	(b) & (c)	(d) & (e)
30.....	'57	'65	'69 (1st and spike) '65 (4th) '72	88	'54	'57	78	'70	51	57	65	84	70	114	130	170
35.....	74	83	91	132	70	74	106	96	67	74	83	114	96	155	176	225
40.....	96	108	119	173	91	96	138	124	87	96	108	149	124	202	229	288
45.....	121	137	150	218	115	121	175	158	110	121	137	189	158	257	291	358
50.....	150	169	185	264	142	150	216	195	135	150	169	233	195	317	359	435
55.....	181	204	224	326	172	181	261	236	163	181	204	281	236	383	433	530
60.....	'216	'242	'267	388	'204	'216	'310	'280	'194	'216	'242	'335	'280	'456	'517	'613
80.....	'405	'459	'510	NA	'383	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
95.....	'607	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
100.....	'673	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

¹ Distance for specified tests. ² Applicable to school buses only. NA = Not applicable
 Note: (a) Passenger cars; (b) vehicles other than passenger cars with GVWR of less than 8,000 lbs; (c) Vehicles with GVWR of not less than 8,000 lbs and not more than 10,000 lbs; (d) vehicles, other than buses, with GVWR greater than 10,000 lbs; (e) buses, including school buses, with GVWR greater than 10,000 lbs.

S5.5 Antilock and variable proportioning brake systems.

S5.5.1 Each vehicle with a GVWR greater than 10,000 pounds, except for any vehicle with a speed attainable in 2 miles of not more than 33 mph, shall be equipped with an antilock brake system that directly controls the wheels of at least one front axle and the wheels of at least one rear axle of the vehicle. On each vehicle with a GVWR greater than 10,000 pounds but not greater than 19,500

pounds and motor homes with a GVWR greater than 10,000 pounds but not greater than 22,500 pounds manufactured before March 1, 2001, the antilock brake system may also directly control the wheels of the rear drive axle by means of a single sensor in the driveline. Wheels on other axles of the vehicle may be indirectly controlled by the antilock brake system.

S5.5.2 In the event of any failure (structural or functional) in an antilock or variable proportioning brake system, the vehicle shall be capable of meeting the stopping distance requirements specified in S5.1.2 for service brake system partial failure. For an EV that is equipped with both ABS and RBS that is part of the service brake system, the ABS must control the RBS.

S6 Test Conditions.

The performance requirements of S5 shall be met under the following conditions. Where a range of conditions is specified, the vehicle shall be capable of meeting the requirements at all points within the range. Compliance of vehicles manufactured in two or more stages may, at the option of the final stage manufacturer, be demonstrated to comply with this standard by adherence to the instructions of the incomplete manufacturer provided with the vehicle in accordance with §568.4(a)(7)(ii) and §568.5 of title 49 of the Code of Federal Regulations.

S6.1 Vehicle weight.

S6.1.1 Other than tests specified at lightly loaded vehicle weight in S7.5(a), S7.7, S7.8, and S7.9, the vehicle is loaded to its GVWR such that the weight on each axle as measured at the tireground interface is in proportion to its GAWR, except that each fuel tank is filled to any level from 100 percent of capacity (corresponding to full GVWR) to 75 percent. However, if the weight on any axle of a vehicle at lightly loaded vehicle weight exceeds the axle's proportional share of the gross vehicle weight rating, the load required to reach GVWR is placed so that the weight on that axle remains the same as a lightly loaded vehicle weight.

S6.3 Tire inflation pressure. Tire inflation pressure is the pressure recommended by the vehicle manufacturer for the GVWR of the vehicle.

S6.4 Transmission selector control. For S7.3, S7.5, S7.8, S7.15, S7.17, S7.11.1.2, S7.11.2.2, S7.11.3.2, and as required for S7.13, the transmission selector control

is in neutral for all decelerations. For all other tests during all decelerations, the transmission selector is in the control position, other than overdrive, recommended by the manufacturer for driving on a level surface at the applicable test speed. To avoid engine stall during tests required to be run in gear a manual transmission may be shifted to neutral (or the clutch disengaged) when the vehicle speed decreases to 20 mph.

S6.5 Engine. Engine idle speed and ignition timing settings are according to the manufacturer's recommendations. If the vehicle is equipped with an adjustable engine speed governor, it is adjusted according to the manufacturer's recommendation.

S6.6 Vehicle openings. All vehicle openings (doors, windows, hood, trunk, convertible top, cargo doors, etc.) are closed except as required for instrumentation purposes.

S6.7 Ambient temperature. The ambient temperature is any temperature between 32 °F. and 100 °F. S

6.8 Wind velocity. The wind velocity is zero.

S6.9 Road surface.

S6.9.1 For vehicles with a GVWR of 10,000 pounds or less, road tests are conducted on a 12-foot-wide, level roadway, having a skid number of 81. Burnish stops are conducted on any surface. The parking brake test surface is clean, dry, smooth, Portland cement concrete.

S6.12 Initial brake temperature. Unless otherwise specified the brake temperature is 150 °F. to 200 °F.

S6.13 Control forces. Unless otherwise specified, the force applied to a brake control is not less than 15 lb and not more than 150 lb.

S7. Test procedure and sequence.

A vehicle shall be deemed to comply with the stopping distance requirements of S5.1 if at least one of the stops at each speed and load specified in each of S7.3, S7.5(b), S7.8, S7.9, S7.10, S7.15 and S7.17 (check stops) is made within a stopping distance that does not exceed the corresponding distance specified in Table II.

S7.1 Brake warming. If the initial brake temperature for the first stop in a test procedure (other than S7.7 and S7.16) has not been reached, heat the brakes to

the initial brake temperature by making not more than 10 snubs from not more than 40 to 10 mph, at a deceleration not greater than 10 fpsps.

S7.3 Service brake system—first (preburnish) effectiveness test. Make six stops from 30 mph. Then make six stops from 60 mph.

S7.4 Service brake system—burnish procedure.

S7.4.1 Vehicles with GVWR of 10,000 lb or less.

S7.4.1.1 Burnish. Burnish the brakes by making 200 stops from 40 mph at 12 fpsps (the 150 lb control force limit does not apply here). The interval from the start of one service brake application to the start of the next shall be either the time necessary to reduce the initial brake temperature to between 230 °F. and 270 °F., or the distance of 1 mile, whichever occurs first. Accelerate to 40 mph after each stop and maintain that speed until making the next stop.

S7.5 (a) Stability and control during braking (vehicles with a GVWR greater than 10,000 pounds). Make four stops in the lightly-loaded weight condition specified in *S5.1.7*. Use a full brake application for the duration of the stop, with the clutch pedal depressed or the transmission selector control in the neutral position, for the duration of each stop.

(b) Service brake system-second effectiveness test. For vehicles with a GVWR of 10,000 pounds or less, or any school bus, make six stops from 30 mph. Then, for any vehicle, make six stops from 60 mph. Then, for a vehicle with a GVWR of 10,000 pounds or less, make four stops from 80 mph if the speed attainable in 2 miles is not less than 84 mph.

ANEXO III

CÓDIGO DE REGULACIÓN FEDERAL (CFR.), 49 CFR. CH. V, NHTSA FMVSS PARTE 571 ESTÁNDAR N° 135, SISTEMA DE FRENOS EN VEHÍCULOS LIGEROS. (10-1-11 EDICIÓN).

PARRAFOS RELEVANTES DE LA NORMATIVA CFR. 49 PARTE 571 ESTÁNDAR N° 135

S6. General test conditions.

Each vehicle must meet the performance requirements specified in S7 under the following test conditions and in accordance with the test procedures and test sequence specified. Where a range of conditions is specified, the vehicle must meet the requirements at all points within the range.

S6.1. Ambient conditions.

S6.1.1. Ambient temperature. The ambient temperature is any temperature between 0 °C (32 °F) and 40 °C (104 °F). *S6.1.2. Wind speed.* The wind speed is not greater than 5 m/s (11.2 mph).

S6.2. Road test surface.

S6.2.1. Pavement friction. Unless otherwise specified, the road test surface produces a peak friction coefficient (PFC) of 0.9 when measured using an American Society for Testing and Materials (ASTM) E1136 standard reference test tire, in accordance with ASTM Method E 1337–90, at a speed of 64.4 km/h (40 mph), without water delivery.

S6.2.2. Gradient. Except for the parking brake gradient holding test, the test surface has no more than a 1% gradient in the direction of testing and no more than a 2% gradient perpendicular to the direction of testing.

S6.2.3. Lane width. Road tests are conducted on a test lane 3.5 m (11.5 ft) wide.

S6.3. Vehicle conditions.

S6.3.1. Vehicle weight.

S6.3.1.1. For the tests at GVWR, the vehicle is loaded to its GVWR such that the weight on each axle as measured at the tire-ground interface is in proportion to its GAWR, with the fuel tank filled to 100% of capacity. However, if the weight on any axle of a vehicle at LLVW exceeds the axle's proportional share of the GVWR, the load required to reach GVWR is placed so that the weight on that axle remains the same as at LLVW.

S6.3.1.2. For the test at LLVW, the vehicle is loaded to its LLVW such that the added weight is distributed in the front passenger seat area.

S6.3.2. Fuel tank loading. The fuel tank is filled to 100% of capacity at the beginning of testing and may not be less than 75% of capacity during any part of the testing.

S6.3.3. Lining preparation. At the beginning of preparation for the road tests, the brakes of the vehicle are in the same condition as when the vehicle was manufactured. No burnishing or other special preparation is allowed, unless all vehicles sold to the public are similarly prepared as a part of the manufacturing process.

S6.3.4. Adjustments and repairs. These requirements must be met without replacing any brake system parts or making any adjustments to the brake system except as specified in this standard. Where brake adjustments are specified (S7.1.3), adjust the brakes, including the parking brakes, in accordance with the manufacturer's recommendation. No brake adjustments are allowed during or between subsequent tests in the test sequence.

S6.3.5. Automatic brake adjusters. Automatic adjusters are operational throughout the entire test sequence. They may be adjusted either manually or by other means, as recommended by the manufacturer, only prior to the beginning of the road test sequence.

S6.3.6. Antilock brake system (ABS). If a car is equipped with an ABS, the ABS is fully operational for all tests, except where specified in the following sections.

S6.3.7. Variable brake proportioning valve. If a car is equipped with a variable brake proportioning system, the proportioning valve is fully operational for all tests except the test for failed variable brake proportioning system.

S6.3.8. Tire inflation pressure. Tires are inflated to the pressure recommended by the vehicle manufacturer for the GVWR of the vehicle.

S6.3.9. Engine. Engine idle speed and ignition timing are set according to the manufacturer's recommendations. If the vehicle is equipped with an adjustable engine speed governor, it is adjusted according to the manufacturer's recommendations.

S6.3.10. Vehicle openings. All vehicle openings (doors, windows, hood, trunk, convertible top, cargo doors, etc.) are closed except as required for instrumentation purposes.

S6.4. Instrumentation.

S6.4.1. Brake temperature measurement.

The brake temperature is measured by plug-type thermocouples installed in the approximate center of the facing length and width of the most heavily loaded shoe or disc pad, one per brake, as shown in Figure 1. A second thermocouple may be installed at the beginning of the test sequence if the lining wear is expected to reach a point causing the first thermocouple to contact the metal rubbing surface of a drum or rotor. For center-grooved shoes or pads, thermocouples are installed within 3 mm (.12 in) to 6 mm (.24 in) of the groove and as close to the center as possible.

S6.5.5. Transmission selector control.

S6.5.5.1. For tests in neutral, a stop or snub is made in accordance with the following procedures:

- (a) Exceed the test speed by 6 to 12 km/h (3.7 to 7.5 mph);
- (b) Close the throttle and coast in gear to approximately 3 km/h (1.9 mph) above the test speed;
- (c) Shift to neutral; and
- (d) When the test speed is reached, apply the brakes.

S6.5.5.2. For tests in gear, a stop or snub is made in accordance with the following procedures:

- (a) With the transmission selector in the control position recommended by the manufacturer for driving on a level surface at the applicable test speed, exceed the test speed by 6 to 12 km/h (3.7 to 7.5 mph);
- (b) Close the throttle and coast in gear; and

(c) When the test speed is reached apply the brakes.

(d) To avoid engine stall, a manual transmission may be shifted to neutral (or the clutch disengaged) when the vehicle speed is below 30 km/h (18.6 mph).

S7. Road test procedures and performance requirements.

Each vehicle shall meet all the applicable requirements of this section, when tested according to the conditions and procedures set forth below and in S6, in the sequence specified in Table1:

TABLE 1—ROAD TEST SEQUENCE

Testing order	Section No.
Vehicle loaded to GVWR:	
1 Burnish	S7.1
2 Wheel lock sequence	S7.2
Vehicle loaded to LLVW:	
3 Wheel lock sequence	S7.2
4 ABS performance	S7.3
5 Torque wheel	S7.4
Vehicle loaded to GVWR:	
6 Torque wheel	S7.4
7 Cold effectiveness	S7.5
8 High speed effectiveness	S7.6
9 Stops with engine off	S7.7
Vehicle loaded to LLVW:	
10 Cold effectiveness	S7.5
11 High speed effectiveness	S7.6
12 Failed antilock	S7.8
13 Failed proportioning valve	S7.9
14 Hydraulic circuit failure	S7.10
Vehicle loaded to GVWR:	
15 Hydraulic circuit failure	S7.10
16 Failed antilock	S7.8
17 Failed proportioning valve	S7.9
18 Power brake unit failure	S7.11
19 Parking brake	S7.12
20 Heating Snubs	S7.13
21 Hot Performance	S7.14
22 Brake cooling	S7.15
23 Recovery Performance	S7.16
24 Final Inspection	S7.17

S7.1. Burnish.

S7.1.1. General information.

Any pretest instrumentation checks are conducted as part of the burnish procedure, including any necessary rechecks after instrumentation repair, replacement or adjustment. Instrumentation check test conditions must be in accordance with the burnish test procedure specified in S7.1.2 and S7.1.3.

S7.1.2. Vehicle conditions.

(a) Vehicle load: GVWR only.

(b) Transmission position: In gear.

S7.1.3. Test conditions and procedures.

The road test surface conditions specified in S6.2 do not apply to the burnish procedure.

(a) IBT: ≤ 100 °C (212 °F).

(b) Test speed: 80 km/h (49.7 mph).

(c) Pedal force: Adjust as necessary to maintain specified constant deceleration rate.

(d) Deceleration rate: Maintain a constant deceleration rate of 3.0 m/s² (9.8 fps²).

S7.2.2 Vehicle conditions.

(a) *Vehicle load:* GVWR and LLVW.

(b) *Transmission position:* In neutral. *S7.2.3. Test Conditions and Procedures.*

(a) *IBT:* ≤ 65 °C (149 °F), ≤ 100 °C (212 °F).

(b) *Test speed:* 65 km/h (40.4 mph) for a braking ratio ≤ 0.50 ; 100 km/h (62.1 mph) for a braking ratio > 0.50 .

(c) *Pedal force:*

(1) Pedal force is applied and controlled by the vehicle driver or by a mechanical brake pedal actuator.

(2) Pedal force is increased at a linear rate such that the first axle lockup occurs no less than one-half (0.5) second and no more than one and one-half (1.5) seconds after the initial application of the pedal.

(3) The pedal is released when the second axle locks, or when the pedal force reaches 1kN (225 lbs), or 0.1 seconds after first axle lockup, whichever occurs first.

(d) *Wheel lockup:* Only wheel lockups above a vehicle speed of 15 km/h (9.3 mph) are considered in determining the results of this test.

(e) *Test surfaces:* This test is conducted, for each loading condition, on two different test surfaces that will result in a braking ratio of between 0.15 and 0.80, inclusive. NHTSA reserves the right to choose the test surfaces to be used based on adhesion utilization curves or any other method of determining “worst case” conditions.

(f) *The data recording equipment* shall have a minimum sampling rate of 40 Hz.

(g) Data to be recorded. The following information must be automatically recorded in phase continuously throughout each test run such that values of the variables can be cross referenced in real time.

(1) Vehicle speed.

(2) Brake pedal force.

(3) Angular velocity at each wheel.

(4) Actual instantaneous vehicle deceleration or the deceleration calculated by differentiation of the vehicle speed.

(h) Speed channel filtration. For analog instrumentation, the speed channel shall be filtered by using a low-pass filter having a cut-off frequency of less than one fourth the sampling rate.

(i) Test procedure. For each test surface, three runs meeting the pedal force application and time for wheel lockup requirements shall be made. Up to a total of six runs will be allowed to obtain three valid runs. Only the first three valid runs obtained shall be used for data analysis purposes.

ANEXO IV

**PROYECTO DE REFORMA AL RTE. INEN 034 (3R)
ELEMENTOS MÍNIMOS DE SEGURIDAD PARA
VEHÍCULOS AUTOMOTORES**

NORMATIVA ECUATORIANA RTE. INEN 034 “ELEMENTOS MÍNIMOS DE SEGURIDAD EN VEHÍCULOS AUTOMOTORES”



Baquerizo Moreno E8-29 y
6 de Diciembre
Edificio INEN
www.normalizacion.gob.ec
Quito – Ecuador

4.3. FRENOS

- 4.3.1. Los vehículos automotores que correspondan a la categoría L conforme a la norma NTE INEN 2656 deben contar como mínimo de dos sistemas de frenado, uno que actúe sobre la rueda o ruedas delanteras y otro que actúe sobre la rueda o ruedas posteriores.
- 4.3.2. Los frenos de los vehículos deben cumplir con lo establecido en la Reglamentación Técnica No. 13-H de la ONU - “UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF PASSENGER CARS WITH REGARD TO BRAKING”- “Disposiciones uniformes sobre la aprobación de los vehículos automóviles de pasajeros en lo relativo al frenado” vigente en su última versión para el cual fue homologado el modelo en un laboratorio acreditado para certificar el reglamento técnico ONU mencionado. Este requisito afecta a las categorías de vehículos que la reglamentación mencionada indica en su texto.

- 4.3.3. Los vehículos automotores de cuatro ruedas deben disponer de frenos ABS, conforme con lo que establezca la Reglamentación Técnica No. 13-H de la ONU, aplicada a los vehículos que la regulación indica en su texto.
- 4.3.4. Los frenos de los vehículos deben cumplir con lo establecido en la Reglamentación Técnica No. 13 de la ONU – “UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF VEHICLES OF CATEGORIES M, N AND O WITH REGARD TO BRAKING” – “Disposiciones uniformes relacionadas con la aprobación de vehículos de categorías M, N Y O con relación al sistema de frenos” vigente en su última versión para el cual fue homologado el modelo en el o los laboratorio(s) acreditado(s) para certificar el reglamento técnico ONU mencionado. Este requisito afecta a las categorías de vehículos que la reglamentación mencionada indica en su texto. Baquerizo Moreno E8-29 y 6 de Diciembre Edificio INEN www.normalizacion.gob.ec Quito – Ecuador Página 9 de 17

4.4. CONTROL ELECTRÓNICO DE ESTABILIDAD

- 4.4.1. Los vehículos automotores deben disponer de un Control electrónico de estabilidad conforme a lo establecido por el Reglamento Técnico Global GTR8 “ELECTRONIC STABILITY CONTROL SYSTEMS” – “Sistemas Electrónicos de Control de Estabilidad ESC” conforme a lo establecido por la Reglamentación Técnica No. 13–H de la ONU “UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF PASSENGER CARS WITH REGARD TO BRAKING” – “Disposiciones uniformes sobre la aprobación de los vehículos automóviles de pasajeros en lo relativo al frenado” vigente para el cual fue homologado el modelo en el o los laboratorio(s) acreditado(s) para certificar los reglamentos técnicos ONU mencionados. Este requisito es obligatorio para los vehículos a partir del año modelo 2018 y afecta a las categorías de vehículos que la reglamentación mencionada indica en su texto.

4.5. NEUMÁTICOS

Los neumáticos de vehículos automotores deben cumplir con lo establecido en:

- a) Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE. INEN 011 “Neumáticos”, ó;
- b) Reglamentación Técnica No 30 de la ONU “UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF PNEUMATIC TYRES FOR MOTOR VEHICLES AND THEIR TRAILERS” – “Disposiciones uniformes concernientes a la aprobación de neumáticos para vehículos motorizados y sus remolques” ó;
- c) Reglamentación Técnica No 54 de la ONU “UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF PNEUMATIC TYRES FOR COMMERCIAL VEHICLES AND THEIR TRAILERS”. – “Disposiciones uniformes concernientes a la aprobación de neumáticos para vehículos comerciales y sus remolques”.

ANEXO V

FICHA TÉCNICA VERIFICACIÓN DE LA CONFORMIDAD

RTE. 034

RTE034 - Ecuador



FICHA TÉCNICA VERIFICACIÓN DE LA CONFORMIDAD RTE 034

CCICEV-FTE034-2011

FICHA Nº	FECHA
-----------------	--------------

1. DATOS GENERALES

1.1. SOLICITANTE		
DATOS PROTOTIPO A VERIFICAR		
1.2. MARCA	1.3. MODELO	
1.4. TIPO	1.5. Año fabricación	1.6. Año modelo
1.7. ___CKD ___ CBU PAÍS DE ORIGEN:	1.8. VIN	
1.9. CATEGORIA	1.10. TIPO COMBUSTIBLE	

2. ESPECIFICACIONES

MOTOR	DESCRIPCION
2.1. Marca	
2.2. Familia motor	
2.3. Ubicación y disposición	
2.4. Cilindrada [cm3]	
2.5. Número y disposición de los cilindros	
2.6. Nº de válvulas por cilindro	
2.7. Relación de compresión	
2.8. Torque neto máximo (NM / RPM) norma (SAE/DIN)	
2.9. Sistema de control de emisiones	
2.10. Potencia neta máx. (HP/RPM KW/RPM) norma (SAE/DIN)	
2.11. Sistema de alimentación de combustible (*)	
2.12. Corte de inyección diesel(rpm) (*)	
(*) Datos informativos	
TRANSMISIÓN	DESCRIPCION
2.13. Marca	
2.14. Tipo	
2.15. Nº de marchas	
2.16. Relaciones	
2.17. Tracción	
2.18. Asistencia (si aplica)	
2.19. Relación final de transmisión	

3. DIMENSIONES DEL VEHICULO	
EXTERNAS	DESCRIPCIÓN
3.1. Longitud total (mm)	
3.2. Ancho total (mm)	
3.3. Alto total (mm)	
3.4. Distancia entre ejes (mm)	
3.5. Trocha eje delantero (mm)	
3.6. Trocha eje posterior (mm)	
3.7. Ángulo de acercamiento (**)	
3.8. Ángulo de alejamiento	
3.9. Altura mínima al suelo (mm)	
3.10. Radio de giro (mm)	
3.11. Peso en vacío (kg)	
3.12. Peso bruto vehicular (pbv) (kg)	
3.13. Capacidad de carga (kg)	
3.14. Capacidad de remolque (kg) (**)	
(**) si aplica	

CCICEV- FICHA TÉCNICA VERIFICACIÓN DE LA CONFORMIDAD RTE 034

Página 1
RTE034 - Ecuador

4. REQUISITOS DEL PRODUCTO - RTE 034

SEGURIDAD ACTIVA	
4.1. Iluminación	
(4.1.1.) FAROS DELANTEROS	DESCRIPCIÓN
Luces bajas	
Luces altas	
Luces de posición	
(4.1.2.) LUCES INDICADORES POSTERIORES	DESCRIPCIÓN
Reversa	
Freno	
Posición	
Luz placa matrícula	
(4.1.3.) LUCES INDICADORES DIRECCIONALES	DESCRIPCIÓN
Direccionales	
Estacionamiento	

OTROS	DESCRIPCION
(4.1.4) catadióptricos	
(4.1.5) retrovisores exteriores	
(4.1.6) retrovisores interno (vehículo liviano)	
(4.1.7) desempañador (antivaho)	
(4.1.8) limpiaparabrisas delantero	
(4.1.9) limpiaparabrisas posterior (*)	
(4.1.10) luces de volumen (vehículo pesado semipesado)	
(4.1.11) neblineros delanteros (*)	
(4.1.12) neblineros posterior (*)	
(*) si aplica	
4.1.13) ILUMINACIÓN INTERIOR	DESCRIPCION
(4.1.13.1) lámpara de salón	
(4.1.13.2) panel de instrumentos con iluminación	
(4.1.13.3) señales luminosas de accionamiento de luces	
(4.1.13.4) radio am (*)	
4.2. CONDICIONES ERGONOMICAS	DESCRIPCION
Numero de asientos	
Numero de apoyacabezas (*)	
Forma de anclajes	
Norma de cumplimiento de estructura y fijación de asientos	
4.3. FRENOS	DESCRIPCION
DELANTEROS	
Marca	
Tipo	
Norma de cumplimiento	
POSTERIORES	
Marca	
Tipo	
Norma de cumplimiento	
FRENO DE ESTACIONAMIENTO (*)	
Marca	
Tipo	
FRENOS ABS (SI APLICA) (*)	
Marca	
Descripción	
(*) Si aplica	
4.4. NEUMÁTICOS	DESCRIPCION
Marca	
País de origen	
Especificaciones	
Norma de cumplimiento	
4.5. SUSPENSIÓN	DESCRIPCION
DELANTERA:	

RTE034 - Ecuador

Descripción del sistema de suspensión	
POSTERIOR:	
Descripción del sistema de suspensión	
4.6. DIRECCIÓN	DESCRIPCION
Descripción sistema	
4.7. CHASIS	DESCRIPCION
Marca	
Descripción del tipo	
4.8. VENTILACIÓN	DESCRIPCION
Descripción sistema ventilación	

SEGURIDAD PASIVA	
4.9. VIDRIOS	DESCRIPCION
LATERALES	
Marca	
Norma que cumple	
Espesor	
PARABRISAS FRONTAL	
Marca	
Norma que cumple	
Espesor	
PARABRISAS POSTERIOR (LUNETAS)	
Marca	
Norma que cumple	
Espesor	
4.10. CINTURONES DE SEGURIDAD	DESCRIPCION
Marca	
Tipo	
Norma que cumple	
4.11. PARACHOQUE FRONTAL Y POSTERIOR	DESCRIPCION
FRONTAL	
Descripción	
POSTERIOR	
Descripción	
4.12. BARRA ANTIEMPOTRAMIENTO (Pesados) (*)	DESCRIPCION
Descripción	
4.13. PROTECCIÓN PARA IMPACTO LATERAL	DESCRIPCION
Sistema de protección	
4.14. BOLSAS DE AIRE (*)	DESCRIPCION
Marca	
Ubicación	
Cantidad	
Norma de cumplimiento	
4.15. AVISADOR ACUSTICO	DESCRIPCION
Marca	
Nivel sonoro	
Norma de cumplimiento	

OTROS	DESCRIPCION
4.16. Cerradura con bloqueo de apertura interior (*)	
4.17. Seguro manual de capó (*)	
4.18. Tacógrafo digital (*)	
4.19. Sistema de posicionamiento global GPS (*)	
4.20. Limitador de velocidad (*)	

(*) Si aplica

DOCUMENTACION

5. DOCUMENTOS SOPORTE	
FICHA TÉCNICA DE ESPECIFICACIONES	
MANUAL DE MANTENIMIENTO (**)	
MANUAL DE REPARACIÓN (**)	

RTE034 - Ecuador

MANUAL DE INSTRUCCIÓN PARA CARROZAR (**)	
ESQUEMAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y NEUMÁTICO (**)	
CERTIFICADOS CALIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL (**)	
SERVICIOS POSTVENTA Y REPUESTOS (**)	
DOCUMENTOS DE GARANTÍA Y CONDICIONES (**)	
CERTIFICADO VIDRIO DE SEGURIDAD AUTOMOTRIZ (***)	
CERTIFICADO DE NEUMATICOS (***)	
CERTIFICADO DE CINTURONES DE SEGURIDAD (***)	
(**) Declaración del fabricante sujeto a constatación	
(***) Según Norma Nacional o Normativa Equivalente	

INFORMACIÓN ADICIONAL

6. VERSIONES DE MODELO			
Nº	VERSIONES A VALIDAR	ESPECIFICACIONES DE LOS SISTEMAS BÁSICOS	EQUIPAMIENTO ADICIONAL

INFORMACIÓN ADICIONAL

6. VERSIONES DE MODELO			
Nº	VERSIONES A VALIDAR	ESPECIFICACIONES DE LOS SISTEMAS BÁSICOS	EQUIPAMIENTO ADICIONAL

7. FOTOGRAFÍAS***GENERAL**

- 7.1. Frontal
- 7.2. Posterior
- 7.3. Lateral izquierda
- 7.4. Lateral derecha
- 7.5. Superior
- 7.6. Inferior

ESPECIFICAS

- 7.7. Motor
- 7.8. Tren posterior completo y montado en el chasis
- 7.9. Tren delantero sin rueda
- 7.10. Tren trasero sin rueda
- 7.11. Compartimiento Delantero
- 7.12. Compartimiento Trasero

*Anexar fotografías a color clara, nítida

Certifico que toda la información consignada en la presente FICHA TÉCNICA DE VERIFICACIÓN DE LA CONFORMIDAD RTE INEN 034, son datos correspondientes al vehículo a fiscalizar

TÉCNICO RESPONSABLE (EMPRESA SOLICITANTE)

Cargo: _____

NOMBRE: _____

CI: _____

ANEXO VI

FOTOS



Vía de pruebas con superficie de rodadura empedrada.



Vía de pruebas con superficie de rodadura asfaltada.



Vehículo Mazda BT-50 Diésel 4x4 C.D. durante la prueba de frenado en superficie empedrada.



Vehículo Chevrolet Luv D-Max 4x4 Diésel C.D. durante la prueba de frenado en superficie asfaltada.



Huellas de neumáticos en la vía después de las pruebas de frenado.



Toma de temperatura inicial de frenos durante la sesión de frenado.

ANEXO VII

FICHAS TÉCNICAS DE LOS VEHÍCULOS DE PRUEBA

ANEXO VII.I ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MAZDA BT-50 CABINA DOBLE

General Information

Technical Data

Item	Unit	REG	RAP	DBL	
		2WD	4WD		
Overall length (w/o rear step bumper)	mm	5,075			
Overall width (AWD models with Overfenders)		1,715	1,805		
Overall height (unladen)		1,620	1,745 ^{*1}	1,755 ^{*1}	
			1,750 ^{*2}	1,760 ^{*2}	
Front track		1,445	1,445 ^{*1}		
			1,495 ^{*2}		
Rear track		1,450	1,440 ^{*1}		
			1,470 ^{*2}		
Wheelbase		2,985	3,000		
Ground clearance (unladen)		181	207		
Maximum fording depth		300	450		
Angle of approach (unladen)	°	24	32		
Angle of departure (unladen)	°	26	27		
Minimum turning circle (wall-to-wall)	m	12	12.6		

^{*1} P235/75R15 ^{*2} 245/70R16

BT-50_T00002

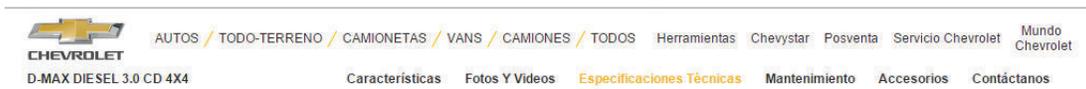
Item	Maximum Weight (kg)			
	2WD	REG	RAP	DBL
		4WD		
Curb weight	1,587	1,798	1,886	1,895
Gross vehicle weight	2,795	3,010	3,080	3,030
Gross axle weight	Front	1,170	1,430	1,430
	Rear	1,860	1,850	1,850
Max. trailing load	unbraked	750		
	braked	1,600	3,000	

BT-50_T00004

Item	2.5 MZR-CD (WL-C) Engine
Engine type	Inline 4 Cyl., DOHC 16-valve, Turbocharged w. Intercooler
Displacement	2,499 cm ³
Bore x stroke	93 x 92 mm
Compression ratio	18.0 : 1
Max. power	105 kW (143 PS) at 3,500 min ⁻¹
Max. torque	330 Nm at 1,800 min ⁻¹
Emission standard	Euro 4
Transmission	5-speed manual (S15M(X)-D)

BT-50_T00005

ANEXO VII.II ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CHEVROLET D-MAX CABINA DOBLE



D-MAX DIESEL 3.0 CD 4X4

Versiones **Especificaciones**

Especificaciones

INTERIOR EXTERIOR MOTOR TRANSMISIÓN CHASIS **PESOS Y CAPACIDADES (KG.)** SEGURIDAD Todos

Estándar Disponible No Disponible

PESOS Y CAPACIDADES (KG.)	3.0L DIESEL CRDI CD TM 4X4
Capacidad de Carga	1,045
Capacidad Eje Delantero	1,350
Capacidad Eje Posterior	1,870
Peso Bruto Vehicular	2,950
Peso Vacío Total	1,905
Tanque de Combustible	76L/20 gal

FUENTE: <http://www.chevrolet.com.ec/dmax-camioneta-4x4/especificaciones.html>

ANEXO VII.III ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CHEVROLET D-MAX CABINA DOBLE



TOYOTA

HILUX - Hilux Limited

	SRV LIMITED	SRV LIMITED A/T
Motor		
Modelo	Toyota 3.0 D-4D (1KD-FTV)	Toyota 3.0 D-4D (1KD-FTV)
Tipo	Diesel, 4 cilindros en línea con turbocompresor de geometría variable (TGV) e intercooler	Diesel, 4 cilindros en línea con turbocompresor de geometría variable (TGV) e intercooler
Cilindrada (cm ³)	2.982	2.982
Diámetro y carrera de pistón (mm)	96,0 x 103,0	96,0 x 103,0
Relación de compresión	17,9:1	17,9:1
Alimentación	Inyección directa electrónica tipo Common Rail	Inyección directa electrónica tipo Common Rail
Potencia máxima (Cv (Kw) / Rpm)	171 (126) / 3.600	171 (126) / 3.600
Torque máximo (Nm / Rpm)	343 / 1.400 - 3.400	343 / 1.400 - 3.400
Transmisión		
Tipo	Manual de 5 velocidades	Automática de 5 velocidades con control electrónico ECT
Tracción	4x2, 4x4 y 4x4 reducida con accionamiento mecánico, ADD (desconexión automática de diferencial) y control de tracción (TRC)	4x2, 4x4 y 4x4 reducida con accionamiento mecánico, ADD (desconexión automática de diferencial) y control de tracción (TRC)
Chasis		
Suspensión Delantera	Independiente con doble brazo de suspensión, resortes helicoidales y barra estabilizadora	Independiente con doble brazo de suspensión, resortes helicoidales y barra estabilizadora
Suspensión Trasera	Eje rígido, con elásticos longitudinales y amortiguadores telescópicos	Eje rígido, con elásticos longitudinales y amortiguadores telescópicos
Dirección	Hidráulica de piñón y cremallera	Hidráulica de piñón y cremallera
Frenos Delanteros	Discos ventilados con ABS	Discos ventilados con ABS
Dimensiones y pesos		
Largo	5260 (+ 60 de protector frontal)	5260 (+ 60 de protector frontal)
Ancho	1.835	1.835
Alto	1.860	1.860
Distancia entre ejes	3.085	3.085
Despeje mínimo del suelo (mm)	222	222
Radio mínimo de giro (m)	6,7	6,7
Peso en orden de marcha (kg)	1.840 - 1.910 (+ 86,45 de accesorios)	1.855 - 1.935 (+ 86,45 de accesorios)
Peso bruto total (kg)	2.705	2.715
Capacidad del tanque	80	80

FUENTE. <http://www.toyota.com.ec/toyota-hilux-especificaciones#>

ANEXO VIII

FICHAS DE REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR

ANEXO VIII.I REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR MAZDA BT-50

Sistema de Revisión Técnica Vehicular - CORPAIRE

[Cerrar]

[Imprimir ->]

DETALLES REVISION: (Aprobado)

Centro:	CENTRO LIVIANOS GUAJALO	Fecha Rev:	2014/10/30
Placa:	PBT7579	Ctrl Rev.:	1/1
Chasis:	8LFUNY02GBM003782		
Marca:	MAZDA	Dui:	M106223
Modelo:	BT-50 CD 4X2 STD GAS 2.2 FL	Año:	2011

#	TIPO	MEDIDA	VALOR	UNIDAD	CAL. DEF.	LOC. DEF.
1	MEC	NIVEL DE RUIDO EN EL ESCAPE	77.11	dB	TIP1	
2	MEC	INTENSIDAD FARO CONDUCTOR	39.70	Lux	OK	09
3	MEC	HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) RALENTI	1.00	ppm	OK	
4	MEC	O2 EN BAJAS	0.21	%	OK	
5	MEC	LAMBDA EN BAJAS	1.01	***	OK	
6	MEC	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	0.00	%	OK	
7	MEC	RPM EN RALENTI	760.00	rpm	OK	
8	MEC	HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) 2500 RPM	9.00	ppm	OK	
9	MEC	O2 EN ALTAS RPM	0.41	%	OK	
10	MEC	LAMBDA EN ALTAS	1.01	***	OK	
11	MEC	MONOXIDO DE CARBONO (CO) 2500 RPM	0.03	%	OK	
12	MEC	ALINEACIÓN 1ER EJE CONVERGENCIA	0.00	mm/Km	OK	00
13	MED	RPM EN ALTAS	2410.00	***	OK	
14	MEC	DESEQUILIBRIO DE FRENADO EN 1° EJE	3.00	%	OK	00
15	MEC	DESEQUILIBRIO DE FRENADO EN 2° EJE	6.00	%	OK	01
16	MEC	EFICACIA DE FRENADO	83.00	%	OK	
17	MEC	EFICACIA FRENO DE ESTACIONAMIENTO	33.00	%	OK	
18	MEC	EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA DERECHA DEL 1° EJE	66.00	%	OK	18
19	MEC	EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA IZQUIERDA DEL 1° EJE	64.00	%	OK	19
20	MEC	DESEQUILIBRIO DE SUSPENSIÓN EN 1° EJE	3.00	%	OK	
21	MEC	EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA DERECHA DEL 2° EJE	75.00	%	OK	18
22	MEC	EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA IZQUIERDA DEL 2° EJE	73.00	%	OK	19
23	MEC	DESEQUILIBRIO DE SUSPENSIÓN EN 2° EJE	3.00	%	OK	
24	MEC	ALINEACIÓN HORIZONTAL FARO CONDUCTOR	+1.60	%	OK	09
25	MEC	ALINEACIÓN VERTICAL FARO CONDUCTOR	1.90	%	OK	09

ANEXO VIII.II REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR CHEVROLET LUV D-MAX

Sistema de Revisión Técnica Vehicular - CORPAIRE

[Cerrar]		Imprimir ->				
DETALLES REVISION: (EXONERADO)						
Centro:	MATRICULACION GUAJALO	Fecha Rev:	2015/03/17			
Placa:	PCJ8492	Ctr./ Rev.:	1/1			
Chasis:	BLBETF3N8E0253792					
Marca:	CHEVROLET	Dui:	B7640080190			
Modelo:	D-MAX CRDI FULL AC 3.0 CD 4X4 TM DIESEL	Anio:	2014			
#	TIPO	MEDIDA	VALOR	UNIDAD	CAL. DEF.	LOC. DEF.

Sistema de Revisión Técnica Vehicular - CORPAIRE

[Cerrar]		Imprimir ->				
DETALLES REVISION: (Aprobado)						
Centro:	CENTRO LIVIANOS GUAJALO	Fecha Rev:	2014/06/10			
Placa:	PCJ8492	Ctr./ Rev.:	1/1			
Chasis:	BLBETF3N8E0253792					
Marca:	CHEVROLET	Dui:	B7640080190			
Modelo:	D-MAX CRDI FULL AC 3.0 CD 4X4 TM DIESEL	Anio:	2014			
#	TIPO	MEDIDA	VALOR	UNIDAD	CAL. DEF.	LOC. DEF.
1	VIS	PLACAS INEXISTENTES O DETERIORADAS	0.00	***	TIP2	
2	MEC	INTENSIDAD FARO CONDUCTOR	126.70	Lux	OK	09
3	MEC	NIVEL DE RUIDO EN EL ESCAPE	71.39	dB	OK	
4	MEC	OPACIDAD - VEHI. DIE	1.00	%	OK	
5	MEC	DESEQUILIBRIO DE FRENADO EN 1° EJE	14.00	%	OK	00
6	MEC	DESEQUILIBRIO DE FRENADO EN 2° EJE	3.00	%	OK	01
7	MEC	EFICACIA DE FRENADO	63.00	%	OK	
8	MEC	EFICACIA FRENO DE ESTACIONAMIENTO	26.00	%	OK	
9	MEC	ALINEACIÓN 1ER EJE CONVERGENCIA	-2.00	m/Km	OK	00
10	MEC	EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA DERECHA DEL 1° EJE	66.00	%	OK	18
11	MEC	EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA IZQUIERDA DEL 1° EJE	62.00	%	OK	19
12	MEC	DESEQUILIBRIO DE SUSPENSIÓN EN 1° EJE	6.00	%	OK	
13	MEC	EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA DERECHA DEL 2° EJE	62.00	%	OK	18
14	MEC	EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA IZQUIERDA DEL 2° EJE	58.00	%	OK	19
15	MEC	DESEQUILIBRIO DE SUSPENSIÓN EN 2° EJE	6.00	%	OK	
16	MEC	ALINEACIÓN HORIZONTAL FARO CONDUCTOR	2.50	%	OK	09
17	MEC	ALINEACIÓN VERTICAL FARO CONDUCTOR	2.00	%	OK	09

ANEXO VIII.III REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR TOYOTA HILUX

Sistema de Revisión Técnica Vehicular - CORPAIRE

[Cerrar]

Imprimir ->

DETALLES REVISION: (Aprobado)

Centro:	CENTRO LIVIANOS GUAJALO	Fecha Rev:	2014/06/11
Placa:	PBN2526	Ctrl Rev.:	1/1
Chasis:	MR0FX29G6B2505390		
Marca:	TOYOTA	Dui:	E00977580
Modelo:	BRT HILUX 4X4 CD SR	Año:	2011

#	TIPO	MEDIDA	VALOR	UNIDAD	CAL. DEF.	LOC. DEF.
1	VIS	PARABRISAS DETERIORADO	0.00	***	TIP2	13
2	MEC	NIVEL DE RUIDO EN EL ESCAPE	79.53	dB	TIP1	
3	MEC	ALINEACIÓN VERTICAL FARO CONDUCTOR	-0.10	%	OK	09
4	MEC	INTENSIDAD FARO CONDUCTOR	129.60	Lux	OK	09
5	MEC	HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) RALENTI	0.00	ppm	OK	
6	MEC	O2 EN BAJAS	0.32	%	OK	
7	MEC	LAMBDA EN BAJAS	1.01	***	OK	
8	MEC	MONOXIDO DE CARBONO (CO) RALENTI	0.01	%	OK	
9	MEC	RPM EN RALENTI	740.00	rpm	OK	
10	MEC	HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) 2500 RPM	7.00	ppm	OK	
11	MEC	O2 EN ALTAS RPM	0.33	%	OK	
12	MEC	LAMBDA EN ALTAS	1.01	***	OK	
13	MEC	MONOXIDO DE CARBONO (CO) 2500 RPM	0.01	%	OK	
14	MED	RPM EN ALTAS	2400.00	***	OK	
15	MEC	DESEQUILIBRIO DE FRENADO EN 1° EJE	1.00	%	OK	00
16	MEC	DESEQUILIBRIO DE FRENADO EN 2° EJE	14.00	%	OK	01
17	MEC	EFICACIA DE FRENADO	63.00	%	OK	
18	MEC	EFICACIA FRENO DE ESTACIONAMIENTO	22.00	%	OK	
19	MEC	ALINEACIÓN 1ER EJE CONVERGENCIA	1.00	m/Km	OK	00
20	MEC	EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA DERECHA DEL 1° EJE	64.00	%	OK	18
21	MEC	EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA IZQUIERDA DEL 1° EJE	60.00	%	OK	19
22	MEC	DESEQUILIBRIO DE SUSPENSIÓN EN 1° EJE	6.00	%	OK	
23	MEC	EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA DERECHA DEL 2° EJE	69.00	%	OK	18
24	MEC	EFICACIA SUSPENSIÓN EN RUEDA IZQUIERDA DEL 2° EJE	63.00	%	OK	19
25	MEC	DESEQUILIBRIO DE SUSPENSIÓN EN 2° EJE	9.00	%	OK	
26	MEC	ALINEACIÓN HORIZONTAL FARO CONDUCTOR	3.70	%	OK	09

ANEXO IX

**EJEMPLO DE TABLA DE DESACELERACIONES Y
GRÁFICA DEL VEHÍCULO CHEVROLET LUV D-MAX 4x4
C.D. EN SUPERFICIE DE PRUEBA EMPEDRADA.**

N°	Tiempo	Prueba #	Acel. Media					
		1	2	3	4	5	6	
		Aceleración	Aceleración	Aceleración	Aceleración	Aceleración	Aceleración	
1	0,00	-1,6198	0,4488	-1,4674	0,3082	-2,7438	-0,5561	-0,9383
2	0,02	1,4825	0,0187	-1,9365	-0,8089	1,9136	1,5749	0,3740
3	0,04	0,2031	0,9977	0,8375	0,5465	-0,3001	-2,5335	-0,0415
4	0,06	2,6076	-1,4283	0,6734	0,2371	-3,5879	-0,0480	-0,2577
5	0,08	0,9406	-0,0557	-1,3343	0,5339	-2,4688	5,4289	0,5074
6	0,10	-0,7425	2,3667	-0,0522	-1,4086	0,5241	-0,6218	0,0110
7	0,12	-0,4856	-0,0813	3,0134	-1,8979	3,8983	-2,1406	0,3844
8	0,14	2,8371	-1,4065	-1,4783	-2,1450	-1,0010	0,2527	-0,4902
9	0,16	1,5354	0,2124	-2,0956	0,0370	-1,1025	-0,3658	-0,2965
10	0,18	1,5354	0,2124	-2,0956	0,0370	-1,1025	-0,3658	-0,2965
11	0,20	0,6116	5,0538	-0,1482	-1,6644	0,1310	1,5195	0,9172
12	0,22	-1,0140	-1,3457	2,2048	-0,5833	2,3030	-1,4342	0,0218
13	0,24	0,5438	-1,3274	3,1864	0,6556	0,9291	-2,7103	0,2129
14	0,26	0,9580	0,3784	0,0844	-0,1648	-2,1070	-0,6848	-0,2560
15	0,28	1,0754	3,3289	-1,6990	-0,0427	-0,0723	0,8580	0,5747
16	0,30	1,1607	4,0732	0,5372	0,2335	1,0662	-0,8800	1,0318
17	0,32	-0,1344	1,9036	2,8311	0,4256	0,0018	-0,6913	0,7227
18	0,34	-0,7212	-2,3354	-0,5904	-0,3378	1,9832	-0,4911	-0,4155
19	0,36	4,2311	0,6188	-0,2301	-0,3070	0,6513	-1,2372	0,6212
20	0,38	-1,1273	-2,0205	1,4274	-0,5788	0,2359	0,4474	-0,2693
21	0,40	-1,2349	0,8478	1,6301	0,6738	1,2017	0,1925	0,5518
22	0,42	1,0373	-0,8902	-0,8174	0,9811	-1,6151	-1,7364	-0,5068
23	0,44	0,0096	-0,2644	-0,8986	1,9325	0,6173	0,1130	0,2516
24	0,46	-2,0404	-0,6991	2,9541	1,3818	-0,9023	-0,7523	-0,0097
25	0,48	-2,7546	1,4815	0,9005	0,4718	-1,2095	-1,5638	-0,4457
26	0,50	0,7666	0,4726	-0,9713	1,8635	-0,8658	-2,8052	-0,2566
27	0,52	5,6967	0,2497	-0,9713	1,8635	-4,9083	-2,8052	-0,1458
28	0,54	5,6967	0,2497	-0,0258	1,3102	-4,9083	1,2872	0,6016
29	0,56	-0,3214	0,9153	-0,8236	1,2236	-0,1919	-2,2567	-0,2424
30	0,58	1,5226	0,4919	0,3739	0,6011	-0,7591	-2,2426	-0,0020
31	0,60	0,1962	0,9716	0,2759	-1,8449	-2,8827	-1,5930	-0,8128
32	0,62	1,3792	-0,9052	-0,0073	-0,5130	-0,8990	0,3572	-0,0980
33	0,64	2,3485	1,6648	-1,1438	-0,0510	-2,0130	-0,7324	0,0122

34	0,66	-0,2066	1,6331	0,3675	-2,0751	-1,7198	-0,9469	-0,4913
35	0,68	-0,4777	-0,7472	-1,0845	-3,4391	-0,4109	0,1403	-1,0032
36	0,70	1,1457	3,2587	-2,2482	-1,7204	0,5745	1,2800	0,3817
37	0,72	0,8959	0,0338	1,7057	-2,0099	1,8852	2,1980	0,7848
38	0,74	0,4964	-1,8569	1,7057	-1,6550	0,6576	-5,0242	-0,9461
39	0,76	-0,0888	-2,1639	0,5705	-0,8722	0,8005	2,9105	0,1928
40	0,78	2,1118	1,9599	0,0419	-0,7404	0,8296	-2,2000	0,3338
41	0,80	1,1719	7,1755	1,6358	1,3137	3,0891	3,9383	3,0540
42	0,82	1,5669	-0,8375	2,2155	1,8235	-0,9951	0,4684	0,7070
43	0,84	0,7429	1,1974	0,6332	0,5407	-0,8802	-0,4301	0,3006
44	0,86	0,5280	-1,7840	-0,0039	0,6276	0,2620	-0,4301	-0,1334
45	0,88	-0,3748	0,4227	1,5800	0,6276	0,2620	3,0707	0,9314
46	0,90	-0,3748	0,4227	1,5800	-0,8293	1,6020	-0,8418	0,2598
47	0,92	-0,7586	1,3412	-1,3830	0,4455	-0,3636	0,3588	-0,0600
48	0,94	0,6547	1,0460	2,6727	-0,3190	0,8686	-0,8865	0,6728
49	0,96	0,3491	2,0232	-1,2369	1,4541	0,1533	0,4579	0,5334
50	0,98	0,8178	2,2962	-1,2384	0,6679	0,4851	0,2849	0,5523
51	1,00	-0,0531	0,8918	1,7350	0,3525	-0,4546	-2,4027	0,0115
52	1,02	-0,9415	-4,3708	2,0109	-2,9357	-0,0518	-3,5094	-1,6331
53	1,04	-0,7751	-1,5502	1,6163	-0,9935	-1,3911	-1,8075	-0,8168
54	1,06	-0,0533	1,7805	-2,3851	-0,8079	-2,0212	-1,6172	-0,8507
55	1,08	1,5476	-0,0099	-2,1907	1,6395	-1,1469	-2,0766	-0,3728
56	1,10	0,4491	-0,7404	0,6284	1,1116	1,0204	-1,6108	0,1431
57	1,12	-1,3313	-0,5670	2,8215	-0,5230	-1,9689	-4,0811	-0,9416
58	1,14	-0,1142	0,1645	-1,0942	-0,6944	-1,1884	-1,5382	-0,7442
59	1,16	3,0207	1,7883	-1,7023	-0,1292	1,7740	-1,8585	0,4822
60	1,18	3,8645	0,2290	0,0639	0,2316	-2,8626	-0,0838	0,2404
61	1,20	-0,3461	-0,0334	1,4964	0,3986	-3,8611	-2,6959	-0,8402
62	1,22	-0,8603	0,4829	-1,6186	0,3986	-0,4606	-2,6959	-0,7923
63	1,24	0,2238	-0,8682	-1,6186	-0,7683	-0,4606	-1,0071	-0,7498
64	1,26	0,2238	-0,8682	0,3173	-0,0774	1,2521	-0,9499	-0,0170
65	1,28	0,6818	-0,1726	-1,3087	-0,4612	2,2798	1,0031	0,3370
66	1,30	0,3220	1,3306	-0,6625	0,1549	-1,0282	-1,6822	-0,2609
67	1,32	-0,9588	0,9739	0,2988	-1,1749	0,9688	-0,1045	0,0005
68	1,34	0,9647	1,2209	0,3838	-0,2097	0,8911	0,4690	0,6200
69	1,36	1,1327	-2,1416	-0,9125	0,2774	-0,2402	-0,9689	-0,4755
70	1,38	2,8655	-0,7242	-1,8054	2,4212	1,7540	-1,3261	0,5308
71	1,40	0,4872	1,8867	-0,5010	-1,4587	-2,0422	-0,7553	-0,3972

72	1,42	-0,0780	1,6521	-2,0293	0,2940	0,0198	-1,2346	-0,2293
73	1,44	1,2286	1,4801	-0,4190	-0,4649	0,1124	-2,3293	-0,0653
74	1,46	-0,2468	-0,8960	1,0258	-0,3316	1,0252	0,5431	0,1866
75	1,48	2,8640	1,2959	-0,3757	0,5245	-0,7206	-0,2822	0,5510
76	1,50	-0,0033	0,5127	1,3066	0,4986	1,0846	1,4545	0,8090
77	1,52	1,4009	-0,0479	0,9454	-1,1114	-0,0546	-0,7531	0,0632
78	1,54	1,8638	-0,5115	0,7290	-1,9284	-0,1858	-2,9748	-0,5013
79	1,56	-0,2667	0,0732	0,4830	-0,5649	0,7034	-3,2590	-0,4718
80	1,58	-0,6999	0,4125	1,0593	-0,5649	-0,9694	-3,2590	-0,6702
81	1,60	-0,6999	0,4125	1,0593	0,6513	-0,9694	-1,7817	-0,2213
82	1,62	-0,2379	2,7808	-1,5321	2,4839	1,5783	1,6523	1,1209
83	1,64	-0,5661	3,5539	1,1290	1,2504	-1,1270	1,1837	0,9040
84	1,66	-1,4026	-0,7871	-0,1781	-1,1322	-0,4070	-2,2105	-1,0196
85	1,68	0,0807	-1,6973	0,4571	-2,1777	-1,8838	-2,1392	-1,2267
86	1,70	-0,8004	-0,7984	-0,7131	-0,1653	-0,2045	-2,5622	-0,8740
87	1,72	0,8984	0,7522	-2,4170	2,1515	0,0301	-0,1274	0,2146
88	1,74	-1,2333	0,9808	1,3095	0,4277	0,7128	4,1651	1,0604
89	1,76	-1,3110	0,2281	-0,5684	-0,1133	-2,6481	0,1992	-0,7022
90	1,78	2,1539	0,0704	-2,0694	-0,6037	-0,1801	-3,9929	-0,7703
91	1,80	-0,1328	-1,1676	-0,3588	-2,5887	-0,4989	-0,1736	-0,8201
92	1,82	-0,7562	-0,1867	0,0338	-0,5263	-1,8855	-4,7882	-1,3515
93	1,84	-1,2589	-0,5639	-0,8975	1,6249	2,1447	0,1656	0,2025
94	1,86	0,2391	-1,3276	-0,6092	-1,9199	0,5356	-0,3374	-0,5699
95	1,88	2,9343	-0,7681	-0,3283	-0,9606	1,8672	0,6013	0,5577
96	1,90	1,7216	0,0636	-0,1808	-1,5177	-1,5090	-1,0974	-0,4200
97	1,92	1,4837	1,3677	0,5989	-1,5177	-0,0747	-1,0974	0,1268
98	1,94	0,0184	0,5534	0,5989	-0,2572	0,6821	-1,3698	0,0376
99	1,96	0,0184	0,5534	-0,1334	-0,3419	-1,0818	-1,6398	-0,4375
100	1,98	1,6252	0,3904	-0,1624	2,5269	-1,0818	-3,4653	-0,0278
101	2,00	0,6999	-1,9275	-1,4176	1,0203	1,8657	5,1264	0,8945
102	2,02	-0,9903	-0,2317	-0,7291	-0,0925	0,3145	1,6722	-0,0095
103	2,04	-1,7196	1,2879	2,8679	-0,7327	0,5152	-0,2111	0,3346
104	2,06	0,2798	-0,2163	0,4235	-1,1592	-1,9939	-1,2515	-0,6529
105	2,08	2,1557	0,1230	0,3197	-0,6986	-0,2462	0,0763	0,2883
106	2,10	-0,9571	1,7985	-0,7011	-1,1623	2,0757	1,4180	0,4119
107	2,12	-1,1581	1,6692	0,3825	1,3945	0,8125	1,4545	0,7592
108	2,14	1,2484	-0,7944	0,9300	-1,6428	-0,1377	-0,1841	-0,0968
109	2,16	-0,7708	1,8808	-0,0754	-1,3027	0,9980	1,2938	0,3373

110	2,18	-1,8502	-0,5595	-0,7946	1,0445	1,8855	1,5367	0,2104
111	2,20	-1,1364	2,9629	-0,7630	1,6553	-2,0376	-1,3712	-0,1150
112	2,22	2,8817	-0,9387	0,2563	-1,7636	0,1296	-1,7253	-0,1933
113	2,24	-2,4570	-0,3072	-1,6201	-1,9413	0,0585	-0,3667	-1,1056
114	2,26	-1,4424	-2,1715	-1,3747	1,7780	-0,4298	-1,5743	-0,8691
115	2,28	2,6712	-0,7957	0,9803	1,9816	-1,1565	-1,6837	0,3329
116	2,30	2,6712	-0,7957	0,9803	1,9816	-1,0161	-2,5357	0,2143
117	2,32	-0,2338	2,1962	-0,6073	0,2620	-1,0161	-2,5357	-0,3225
118	2,34	2,4895	0,0061	-1,4849	0,3193	-2,3483	1,0599	0,0069
119	2,36	-1,3300	-1,2041	-1,5994	0,9933	0,2955	0,8978	-0,3245
120	2,38	2,1858	-0,2340	-3,6491	0,1160	-3,0766	0,2712	-0,7311
121	2,40	1,9335	-0,8240	-2,0810	-0,6537	-0,8065	-1,8343	-0,7110
122	2,42	0,4803	-0,0885	-0,0266	-0,3584	-0,7085	-0,3124	-0,1690
123	2,44	1,6496	-0,7230	3,1463	-0,9107	-0,8682	1,6933	0,6645
124	2,46	3,6244	0,7243	-1,2011	-2,6489	1,6517	0,5733	0,4540
125	2,48	3,6961	1,1276	-0,2733	-2,5148	-1,8699	1,9557	0,3536
126	2,50	1,3906	-0,9673	-0,7844	-1,0435	-0,7850	-1,4360	-0,6042
127	2,52	0,0106	0,5857	0,5173	-0,3166	-0,6128	2,0459	0,3717
128	2,54	7,4285	2,6034	2,4064	0,0834	1,4840	-1,1287	2,1462
129	2,56	1,3247	0,5934	-1,1296	1,5681	0,4359	0,2976	0,5150
130	2,58	0,0448	0,8851	-1,3764	1,4123	0,1136	1,6638	0,4572
131	2,60	-1,3964	-0,3549	2,2408	1,3158	0,7881	3,0393	0,9388
132	2,62	6,4312	0,7475	0,1647	-1,7735	2,2170	0,6688	1,4093
133	2,64	-5,0515	1,4391	0,1647	-0,7980	0,8148	0,4802	-0,4918
134	2,66	-5,0515	0,7511	-1,3134	-0,7980	-1,3935	0,4802	-1,2208
135	2,68	1,8418	0,7511	0,0284	-0,8314	-1,3935	0,8086	0,2009
136	2,70	-2,5622	0,1885	-0,6675	0,5342	1,7820	2,6049	0,3133
137	2,72	-1,0839	1,7725	-0,2982	0,7953	1,7732	1,4225	0,7302
138	2,74	0,4341	2,3597	0,1301	0,2400	1,3274	-2,0615	0,4050
139	2,76	-4,6882	0,4265	0,2582	1,0267	-0,9758	-1,1029	-0,8426
140	2,78	-3,1822	-1,4559	0,2567	-0,5805	-1,5523	4,1161	-0,3997
141	2,80	0,9932	2,4308	-0,9832	1,7123	3,5578	-0,5410	1,1950
142	2,82	0,1299	-0,0353	-0,4483	0,5067	-0,2747	-2,1476	-0,3782
143	2,84	-5,0858	-1,2337	0,1058	0,6013	-1,3746	1,8458	-0,8569
144	2,86	2,4473	-0,8787	1,1749	-0,5044	0,0295	0,7730	0,5069
145	2,88	3,8988	-0,0962	-0,7661	-0,0766	-0,2829	1,3628	0,6733
146	2,90	4,4470	2,0846	-0,7392	2,6800	0,1717	-3,8346	0,8016
147	2,92	3,1725	-1,0641	1,9254	-0,4555	-1,0852	1,0733	0,5944

148	2,94	5,6951	-3,9572	0,2067	0,2591	0,6838	4,4525	1,2233
149	2,96	9,6292	1,1219	-4,0495	-1,8064	-0,5708	2,5056	1,1383
150	2,98	2,9519	1,8540	-2,2567	1,4018	0,4789	0,6467	0,8461
151	3,00	1,8837	-5,0529	-2,2567	1,4018	-3,5286	8,0398	0,0812
152	3,02	1,8837	-9,6416	0,7502	-0,2429	-3,5286	8,0398	-0,4566
153	3,04	0,5179	-9,6416	-0,2016	-2,5339	2,4327	4,6842	-0,7904
154	3,06	12,8897	0,5194	2,2269	0,5610	0,4748	0,4958	2,8613
155	3,08	14,1743	7,4702	-0,9179	2,1887	-0,4637	1,4428	3,9824
156	3,10	-2,0371	-1,8277	0,2525	0,7086	0,5742	5,1303	0,4668
157	3,12	0,3254	-1,2981	3,2119	-2,9343	-0,8453	6,0278	0,7479
158	3,14	16,3496	-2,4497	2,8293	0,5422	3,0887	0,1162	3,4127
159	3,16	-0,9499	3,7585	1,3589	3,0333	1,8545	8,6390	2,9490
160	3,18	12,6818	3,2465	4,4719	2,7884	4,5597	10,8415	6,4316
161	3,20	1,5038	1,6099	4,7460	-1,8783	6,3094	-0,0633	2,0379
162	3,22	1,0242	-0,6092	8,1827	-1,1366	4,3489	7,8849	3,2825
163	3,24	13,6404	3,6076	5,6871	5,8329	7,2819	2,9754	6,5042
164	3,26	7,0577	3,5464	3,3943	-1,9022	1,4702	6,0826	3,2748
165	3,28	7,1875	-0,5809	8,6589	-1,0752	8,0724	1,0565	3,8865
166	3,30	4,1771	-0,6276	2,9082	1,6650	3,6767	7,2500	3,1749
167	3,32	6,6957	4,3438	4,5642	7,6536	5,9867	-2,5652	4,4465
168	3,34	9,3684	9,6365	4,5520	2,8992	2,9330	5,2069	5,7660
169	3,36	9,3684	3,6778	4,5520	2,8992	0,2473	10,8253	5,2617
170	3,38	13,2724	1,7196	13,0536	1,0034	0,2473	10,8253	6,6869
171	3,40	13,3265	1,7196	4,1395	0,0919	6,0211	9,9209	5,8699
172	3,42	11,0862	2,3491	1,9804	9,7316	6,7713	3,9352	5,9756
173	3,44	5,3735	6,5228	7,8465	3,7425	3,0547	2,9195	4,9099
174	3,46	12,5830	2,6221	5,7401	1,6942	13,2433	4,6380	6,7534
175	3,48	13,6887	7,7120	11,2801	0,0519	-4,3756	0,4645	4,8036
176	3,50	8,6081	4,1166	3,9543	10,9219	9,7431	5,5249	7,1448
177	3,52	2,7318	3,6564	8,4707	3,6147	6,5791	9,7094	5,7937
178	3,54	6,9021	5,7742	5,7290	-0,7520	8,1203	8,2592	5,6722
179	3,56	14,4972	2,5690	6,9972	7,8459	-0,1084	2,2362	5,6729
180	3,58	10,4017	1,9868	3,5855	3,5451	-0,8779	3,0144	3,6093
181	3,60	-1,5150	1,9699	12,9490	7,6492	13,6371	5,7599	6,7417
182	3,62	-4,7754	7,1720	9,2153	7,1692	10,3053	2,2314	5,2196
183	3,64	2,9806	17,5856	0,1757	3,6695	8,6682	10,4845	7,2607
184	3,66	0,9902	12,0860	12,7637	2,6637	4,9713	-1,9290	5,2576
185	3,68	19,8975	-0,6149	-3,0056	4,3711	7,9007	1,4756	5,0041

186	3,70	2,8664	3,2710	-3,0056	4,3711	5,4484	11,4025	4,0590
187	3,72	2,8664	7,1610	4,0652	8,0229	5,4484	11,4025	6,4944
188	3,74	-2,0245	7,1610	8,0998	10,1793	0,6869	-2,2091	3,6489
189	3,76	0,9382	17,0464	6,8053	4,7146	8,1166	10,5135	8,0224
190	3,78	11,9815	0,0337	6,9297	2,9968	3,2258	2,8344	4,6670
191	3,80	6,4651	11,2430	2,2564	9,3040	4,9107	4,7011	6,4800
192	3,82	13,4608	5,4445	4,2157	-1,6620	5,4966	4,6932	5,2748
193	3,84	1,8618	6,4151	9,4442	3,1730	7,2265	8,0455	6,0277
194	3,86	5,1738	4,0844	4,5625	10,9506	11,5621	5,8284	7,0270
195	3,88	6,4074	6,7529	1,1388	1,4210	0,9490	4,1805	3,4749
196	3,90	1,0183	0,9435	6,5742	12,0010	6,0825	9,3659	5,9976
197	3,92	2,3968	12,2264	-0,1371	0,0175	2,0464	9,6156	4,3609
198	3,94	15,4200	9,6855	9,0887	7,4795	5,3936	2,5029	8,2617
199	3,96	10,2594	3,7334	11,1380	4,5901	8,4363	6,8566	7,5023
200	3,98	8,2745	2,7655	12,1883	5,9426	15,4082	7,5931	8,6954
201	4,00	14,9178	4,6957	2,2652	8,5664	8,2672	2,7887	6,9168
202	4,02	3,0780	6,9533	2,0820	6,7840	0,5054	15,5848	5,8313
203	4,04	6,7405	8,8250	-2,1396	3,4856	10,2357	3,6014	5,1248
204	4,06	2,0726	10,5305	-2,1396	3,4856	5,2900	9,1575	4,7328
205	4,08	7,2786	6,8593	16,1225	4,4594	5,2900	9,1575	8,1946
206	4,10	7,2786	5,4297	4,3884	4,8736	5,2390	1,8769	4,8477
207	4,12	7,1110	4,2438	1,2283	8,7921	7,4335	7,3514	6,0267
208	4,14	9,2924	4,2438	4,7685	3,3165	13,0054	10,7340	7,5601
209	4,16	3,6282	3,2900	6,6276	4,2723	-3,8910	7,6814	3,6014
210	4,18	10,8129	10,0479	13,7775	14,0353	10,3579	6,3637	10,8992
211	4,20	4,1504	-3,1851	4,7948	-3,8707	9,3271	4,2305	2,5745
212	4,22	10,1431	15,8169	7,4082	10,6486	8,9599	4,2031	9,5300
213	4,24	-0,3913	4,5402	7,4807	10,1763	7,3570	15,7062	7,4782
214	4,26	11,2732	6,2266	1,0842	7,1419	8,7983	3,1008	6,2708
215	4,28	6,2532	9,1581	10,0282	2,2506	1,4631	1,0287	5,0303
216	4,30	9,1584	4,2744	9,7739	4,4006	7,0372	6,8131	6,9096
217	4,32	5,2205	2,8320	3,8073	10,6165	7,0382	8,7227	6,3729
218	4,34	4,4565	7,5665	8,9279	5,6716	-1,3277	7,8191	5,5190
219	4,36	6,5935	5,9548	1,0504	11,2741	9,6450	11,7488	7,7111
220	4,38	12,0263	10,6336	15,9654	0,6407	-1,3369	0,5733	6,4171
221	4,40	4,0311	4,2637	15,9654	0,6407	8,5049	11,1668	7,4288
222	4,42	9,3894	7,8112	8,8706	6,0342	4,4363	2,4164	6,4930
223	4,44	0,3814	1,0839	10,0866	7,9615	4,4363	2,4164	4,3944

224	4,46	0,3814	3,8427	0,3281	1,2138	2,7737	9,0743	2,9357
225	4,48	8,2384	3,8427	2,7541	10,9240	12,7858	0,5040	6,5082
226	4,50	5,0390	4,2829	8,4932	4,7647	6,9896	8,7569	6,3877
227	4,52	9,4814	4,5035	3,3604	10,9003	2,5070	1,3319	5,3474
228	4,54	3,6681	6,3002	7,6813	1,2508	5,8133	4,9105	4,9374
229	4,56	7,6820	4,1188	6,6983	4,6043	3,0932	3,1882	4,8975
230	4,58	5,3235	8,3685	1,7814	19,8971	3,2735	5,2436	7,3146
231	4,60	9,8739	0,0756	8,6920	4,7023	17,4937	10,4290	8,5444
232	4,62	7,9693	6,6125	10,6086	-0,7279	-10,366	5,0502	3,1910
233	4,64	6,4245	3,8269	7,1753	-3,1541	3,9365	0,5850	3,1324
234	4,66	2,6727	4,7234	5,0905	0,6038	6,0160	6,2793	4,2310
235	4,68	7,0303	9,2624	7,9057	17,8151	11,5540	7,3797	10,1579
236	4,70	4,3220	1,7220	8,8227	2,1402	11,9083	11,4741	6,7316
237	4,72	5,5341	2,9981	5,4481	0,7577	-1,9052	5,1044	2,9895
238	4,74	4,1438	3,8582	4,9668	3,9322	4,7507	8,9276	5,0966
239	4,76	8,0339	7,1970	10,9898	3,9322	9,2464	7,1719	7,7619
240	4,78	2,6044	1,5129	3,6984	6,8020	5,7377	7,1719	4,5879
241	4,80	2,6044	4,2109	3,6984	14,3742	5,7377	6,3327	6,1597
242	4,82	4,2118	4,2109	4,3549	9,2011	14,3511	5,7886	7,0197
243	4,84	7,1764	6,0745	3,3176	7,5214	2,5947	2,4375	4,8537
244	4,86	6,9954	1,0957	7,3990	6,8310	8,3574	10,8223	6,9168
245	4,88	4,7686	2,1494	4,2164	5,8406	5,5852	6,4351	4,8325
246	4,90	5,4030	12,4757	7,2319	5,4623	14,9163	6,2793	8,6281
247	4,92	4,6862	4,8005	9,1315	14,5256	2,8471	11,4656	7,9094
248	4,94	5,8129	9,2440	6,7270	2,4282	1,4234	10,2980	5,9889
249	4,96	7,4543	7,2752	3,5993	7,6606	3,8748	3,0605	5,4875
250	4,98	6,3020	0,3775	8,2118	8,6507	3,2988	5,0830	5,3206
251	5,00	2,5378	4,9698	8,8068	5,0737	4,0596	4,0412	4,9148
252	5,02	5,5362	8,6354	9,1722	5,5722	11,8366	9,7350	8,4146
253	5,04	6,4356	8,6435	3,7138	6,7833	0,3842	5,1705	5,1885
254	5,06	6,7231	10,2002	10,9364	9,1750	-1,0650	9,3334	7,5505
255	5,08	4,2151	9,5727	5,5669	5,1857	6,8307	4,6263	5,9996
256	5,10	5,0231	8,4059	13,2799	5,1857	7,4876	7,6293	7,8353
257	5,12	6,5314	6,5912	5,5407	0,1534	2,3537	4,3064	4,2461
258	5,14	7,1436	10,6391	3,5568	9,2341	2,1088	3,4213	6,0173
259	5,16	7,1436	4,4402	3,5568	3,8593	2,1088	3,4213	4,0883
260	5,18	7,1798	4,4402	6,1489	6,8496	1,9295	3,3714	4,9866
261	5,20	4,2098	6,0739	10,2359	5,4199	8,5790	1,5484	6,0111

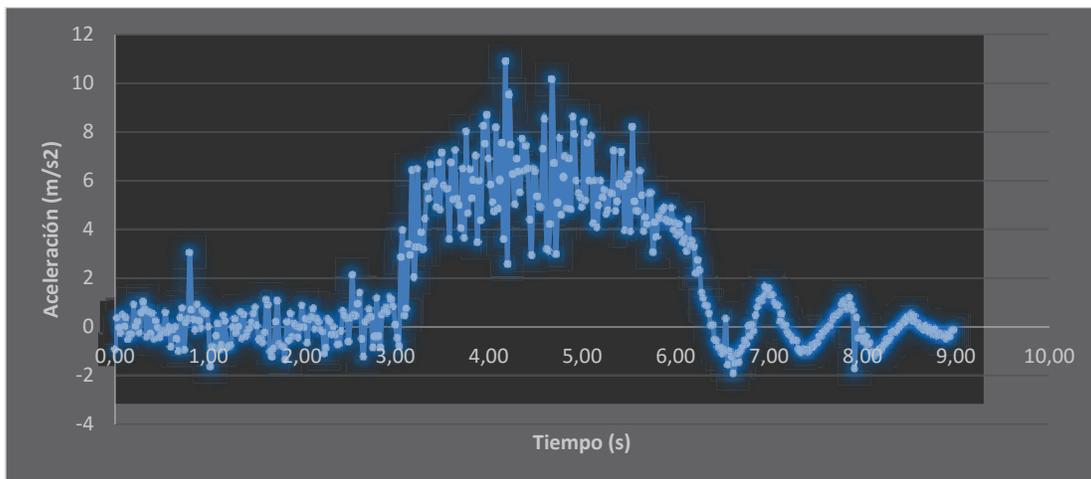
262	5,22	5,6934	3,6903	5,7736	3,0658	7,7444	5,9091	5,3128
263	5,24	7,5316	5,8810	4,7026	11,1430	-1,2168	5,7239	5,6275
264	5,26	6,1634	5,6460	7,7392	3,2921	1,1381	3,8245	4,6339
265	5,28	5,5073	5,1590	3,2514	3,6668	7,2247	3,9672	4,7961
266	5,30	5,8022	5,9108	7,2309	0,5277	5,5172	8,0790	5,5113
267	5,32	7,4232	4,2598	6,1116	7,1770	2,2823	5,5749	5,4715
268	5,34	5,9853	7,3892	7,6754	10,9331	6,4594	5,0006	7,2405
269	5,36	5,7187	2,9848	6,3928	1,6490	5,9579	5,8057	4,7515
270	5,38	6,0166	7,5440	5,4283	4,0768	3,2039	4,6121	5,1469
271	5,40	5,4702	2,0837	8,6679	3,6689	10,0600	5,2424	5,8655
272	5,42	5,2360	7,0863	13,4735	7,4714	3,9579	5,8416	7,1778
273	5,44	4,5456	7,3526	2,0888	4,6963	8,4926	7,4689	5,7741
274	5,46	5,6506	4,0173	3,3598	4,6963	2,9909	3,0519	3,9611
275	5,48	4,7351	5,5042	5,2342	6,0804	8,3413	6,3440	6,0398
276	5,50	4,7351	3,1779	5,0248	9,9046	8,3413	6,3440	6,2546
277	5,52	4,3550	3,1779	5,0248	4,7826	0,9938	5,1237	3,9096
278	5,54	4,6430	6,6278	14,5646	6,7194	10,1293	6,5399	8,2040
279	5,56	3,5074	5,2399	1,0385	7,8534	5,7961	7,4163	5,1419
280	5,58	3,4713	4,4633	3,7545	7,4225	3,4065	6,0591	4,7628
281	5,60	3,4653	3,2415	5,6499	3,2075	6,9069	5,9808	4,7420
282	5,62	3,8666	4,7377	12,3351	3,6973	7,7338	6,0783	6,4081
283	5,64	3,0378	5,6618	5,1381	6,7947	5,8727	5,9028	5,4013
284	5,66	3,1334	3,6811	6,3408	4,0579	-0,4133	6,6853	3,9142
285	5,68	3,1589	4,0634	4,6249	7,2599	2,1787	5,7947	4,5134
286	5,70	3,6383	6,4588	3,8632	4,1676	0,8710	6,2543	4,2089
287	5,72	3,0064	4,0167	8,2829	5,0454	6,6570	5,9386	5,4912
288	5,74	3,4578	4,5902	7,7061	9,5689	2,6567	5,0692	5,5081
289	5,76	2,6880	4,6728	5,8507	0,1621	-0,3260	5,3222	3,0616
290	5,78	3,2508	4,9020	9,5660	2,4959	0,2929	5,2855	4,2989
291	5,80	2,9358	4,8191	5,6284	2,4959	2,0329	4,2616	3,6956
292	5,82	3,4644	4,9760	5,6600	6,0248	2,5082	4,7558	4,5649
293	5,84	3,4644	4,6607	8,5135	3,0831	2,6722	4,3738	4,4613
294	5,86	2,8348	5,4346	8,5135	5,0074	2,6722	4,3738	4,8061
295	5,88	3,1599	5,4346	8,9873	4,1895	2,6187	4,9923	4,8970
296	5,90	2,7633	4,4805	5,9893	6,1069	3,5270	3,5523	4,4032
297	5,92	3,6341	4,4275	6,5802	2,5817	4,4586	4,1795	4,3103
298	5,94	3,0852	4,7049	4,6704	6,4492	3,7569	3,2544	4,3202
299	5,96	3,6282	5,5892	4,2610	6,8932	5,1941	3,8674	4,9055

300	5,98	2,7453	4,4552	3,1861	6,0901	4,5454	2,8734	3,9826
301	6,00	2,9355	5,2152	1,6457	7,5711	4,9251	3,3628	4,2759
302	6,02	2,0186	3,7633	1,0275	7,1357	5,3499	3,3635	3,7764
303	6,04	2,3145	4,9950	-0,5143	8,8418	6,3724	3,3666	4,2293
304	6,06	1,3542	3,7775	-0,4836	8,6034	6,7592	3,2773	3,8813
305	6,08	1,1198	4,6389	-1,9027	5,2159	8,4447	3,2716	3,4647
306	6,10	-0,0421	3,4267	-3,2152	10,9669	8,3269	2,3007	3,6273
307	6,12	0,1299	4,6739	-3,2405	10,2246	4,7727	1,9728	3,0889
308	6,14	-0,2703	3,8774	-4,7213	13,3597	13,5256	0,7466	4,4196
309	6,16	-0,6146	4,0820	-3,5726	13,3597	6,1366	0,6929	3,3473
310	6,18	-0,7299	3,7558	-3,1924	11,1047	10,4302	-0,0516	3,5528
311	6,20	-1,0981	3,9262	-2,9647	9,4810	10,4302	-0,1195	3,2758
312	6,22	-0,9852	3,4879	-2,9647	6,0256	7,7660	-0,1195	2,2017
313	6,24	-1,0167	3,4879	-2,8228	9,6229	8,1193	-0,8851	2,7509
314	6,26	-1,2030	3,7597	-1,8750	7,2184	7,7031	-1,6900	2,3189
315	6,28	-1,2030	3,0070	-3,1021	6,1363	5,3738	-1,7746	1,4062
316	6,30	-1,0499	3,0014	-2,9104	4,0866	5,9435	-1,9000	1,1952
317	6,32	-0,8914	1,5948	-2,4378	2,4556	6,9553	-2,4184	0,8764
318	6,34	-0,8643	1,6594	-2,0151	2,4702	6,0884	-2,1175	0,8702
319	6,36	-0,7282	0,3844	-1,6530	1,6596	5,8430	-2,2287	0,5462
320	6,38	-0,9734	0,1177	-2,1398	0,9914	4,1319	-1,7421	0,0643
321	6,40	-0,6178	-0,5077	-1,7934	0,8326	4,0190	-1,4159	0,0861
322	6,42	-0,6479	-1,9123	-1,3319	-1,8490	3,7763	-1,1840	-0,5248
323	6,44	-0,5506	-1,3150	-0,4781	-2,8361	3,1168	-1,3541	-0,5695
324	6,46	-0,5727	-1,0396	-0,3819	-3,3122	1,0601	-0,8221	-0,8447
325	6,48	-0,4750	-2,2850	0,2762	-2,2226	0,6121	-0,7869	-0,8135
326	6,50	-0,3060	-2,5978	0,3281	-2,6898	-0,9882	-0,3744	-1,1047
327	6,52	-0,2868	-2,5823	0,9417	-2,6898	-1,0076	-0,0419	-0,9444
328	6,54	-0,1771	-2,2173	1,2670	4,6990	-1,7265	0,2310	0,3460
329	6,56	0,3777	-1,8295	1,8502	-8,2637	-1,7265	0,2310	-1,5602
330	6,58	0,2846	-1,8295	1,8502	-3,3372	-3,0029	0,0350	-1,0000
331	6,60	0,8070	-1,9467	1,9897	-5,8338	-2,5895	0,2819	-1,2152
332	6,62	0,6061	-1,5096	2,5522	-4,8873	-8,2221	-0,0446	-1,9176
333	6,64	0,9664	-1,5144	2,5568	-5,6249	-5,5308	0,2467	-1,4834
334	6,66	0,7922	-1,4729	2,8507	-3,7734	-4,8912	-0,0593	-1,0923
335	6,68	1,2171	-1,3143	2,7329	-6,0687	-5,3463	-0,0325	-1,4686
336	6,70	1,1066	-0,6751	2,5606	-4,2577	-4,7671	0,0376	-0,9992
337	6,72	1,1066	-0,4368	2,3435	-3,1951	-5,1210	0,3372	-0,8276

338	6,74	1,4340	-0,0877	2,1971	-1,8894	-5,2413	0,2018	-0,5642
339	6,76	1,4340	-0,3651	1,8870	-2,6155	-4,8444	0,3157	-0,6980
340	6,78	1,4382	1,5713	1,6797	-2,0193	-2,9754	0,5718	0,0444
341	6,80	1,2598	-1,1077	1,0981	-0,7589	-2,6577	-0,1636	-0,3883
342	6,82	1,2598	0,6303	0,8764	-0,3108	-2,3302	0,4518	0,0962
343	6,84		0,3744	0,1548	0,5979	-1,5650	-0,4515	-0,1779
344	6,86		0,7363	-0,0227	1,5800	-0,6017	0,6715	0,4727
345	6,88		0,3274	-0,6142	2,1579	0,6935	1,5529	0,8235
346	6,90		0,8371	-1,1547	3,2066	1,5207	1,0376	1,0895
347	6,92		0,6015	-1,1547	3,2066	1,5207	1,0376	1,0423
348	6,94		0,6015	-1,8798	4,2853	2,9620	0,1470	1,2232
349	6,96		0,9279	-1,8376	5,0501	3,7090	0,5188	1,6736
350	6,98		0,9564	-2,2610	4,5561	3,7153	-0,0584	1,3817
351	7,00		1,4150	-2,1745	4,4230	3,8198	0,4866	1,5940
352	7,02		0,9299	-2,3549	4,5362	3,6900	-0,2787	1,3045
353	7,04		1,3764	-2,1699	3,3855	3,9379	0,1093	1,3278
354	7,06		0,9730	-2,1807	3,2791	3,4137	-0,4513	1,0067
355	7,08		1,0360	-1,7764	2,6056	2,9646	-0,3536	0,8953
356	7,10		0,6354	-1,6352	2,7153	3,2481	-0,5664	0,8795
357	7,12		0,8163	-1,3455	1,4679	0,6516	-0,4702	0,2240
358	7,14		0,3777	-0,9974	1,5087	2,4245	-0,5417	0,5544
359	7,16		0,2935	-0,8460	0,4774	0,8176	-0,5223	0,0440
360	7,18		0,0717	-0,5893	0,3492	1,3194	-0,7960	0,0710
361	7,20		-0,1290	-0,4479	-0,6172	0,6595	-0,5287	-0,2126
362	7,22		-0,2587	0,1346	-1,0056	0,1025	-0,5762	-0,3207
363	7,24		-0,4209	0,4194	-1,4532	-0,3146	-0,1648	-0,3868
364	7,26		-0,8451	0,4314	-1,7093	-0,3146	-0,3925	-0,5660
365	7,28		-0,8580	0,7133	-1,7093	-0,6637	-0,3925	-0,5820
366	7,30		-0,8580	0,7883	-1,5821	-1,3294	0,0558	-0,5851
367	7,32		-0,9887	0,9588	-3,0281	-1,3303	-0,1717	-0,9120
368	7,34		-1,0010	0,9588	-3,3343	-1,9064	0,0055	-1,0555
369	7,36		-1,2334	0,9549	-2,6872	-1,7228	-0,0757	-0,9529
370	7,38		-1,0409	1,0032	-2,4869	-2,1877	0,0611	-0,9303
371	7,40		-0,9019	0,9742	-2,8504	-2,1075	-0,0162	-0,9803
372	7,42		-0,8198	0,9191	-2,9833	-2,4455	0,2840	-1,0091
373	7,44		-0,7519	1,0279	-2,5706	-2,3296	-0,0358	-0,9320
374	7,46		-0,6182	0,7353	-1,9455	-2,3048	0,3512	-0,7564
375	7,48		-0,6182	0,8002	-1,8732	-2,3476	0,0575	-0,7963

376	7,50			0,5688	-1,4818	-2,1620	0,3419	-0,6833
377	7,52			0,5985	-1,5839	-1,6086	0,0079	-0,6465
378	7,54			0,5657	-0,7898	-1,6794	0,3426	-0,3902
379	7,56			0,1108	-0,3928	-1,1724	-0,1150	-0,3923
380	7,58			0,0537	0,0742	-1,1526	0,1296	-0,2237
381	7,60			-0,0748	0,2322	-0,5202	-0,2676	-0,1576
382	7,62			-0,1338	0,2322	-0,4372	0,1171	-0,0555
383	7,64			-0,2311	0,5730	-0,4372	0,1171	0,0054
384	7,66			-0,5432	0,8586	-0,0427	-0,0165	0,0641
385	7,68			-0,5432	1,3429	0,2049	0,1461	0,2877
386	7,70			-0,3732	1,7620	0,3910	0,0359	0,4539
387	7,72			-0,7790	1,6916	0,7841	0,2358	0,4831
388	7,74			-0,6133	1,8293	0,8911	-0,0967	0,5026
389	7,76			-0,6133	1,6722	1,2204	0,2144	0,6234
390	7,78				1,5376	1,6398	-0,3552	0,9407
391	7,80				1,8347	1,1864	0,1593	1,0601
392	7,82				1,3292	1,5077	-0,3720	0,8216
393	7,84				1,5955	0,9823	-0,3720	0,7353
394	7,86				1,1037	1,3327		1,2182
395	7,88				1,0478	0,7737		0,9108
396	7,90				0,4456	0,9227		0,6841
397	7,92				0,3311	-3,7852		-1,7270
398	7,94				0,6806	0,1046		0,3926
399	7,96				0,1230	-1,0311		-0,4540
400	7,98				0,1230	-1,0311		-0,4540
401	8,00				-0,3968	0,0976		-0,1496
402	8,02				-0,4923	-0,7745		-0,6334
403	8,04				-0,6425	-0,1704		-0,4064
404	8,06				-0,7261	-0,7857		-0,7559
405	8,08				-0,9965	-0,3022		-0,6493
406	8,10				-0,8547	-1,2020		-1,0284
407	8,12				-1,1998	-0,8957		-1,0477
408	8,14				-1,1246	-1,1878		-1,1562
409	8,16				-0,9794	-1,1373		-1,0584
410	8,18				-0,9225	-0,9703		-0,9464
411	8,20				-0,9974	-0,9686		-0,9830
412	8,22				-0,6842	-0,9031		-0,7936
413	8,24				-0,6916	-0,8064		-0,7490

414	8,26				-0,4194	-0,6166		-0,5180
415	8,28				-0,4428	-0,6854		-0,5641
416	8,30				-0,2501	-0,6205		-0,4353
417	8,32				-0,2501	-0,1847		-0,2174
418	8,34				-0,2205	-0,1847		-0,2026
419	8,36				0,0540	-0,4741		-0,2100
420	8,38				0,0292	-0,1663		-0,0686
421	8,40				0,2239	-0,2060		0,0090
422	8,42				0,1786	-0,0136		0,0825
423	8,44				0,5491	-0,0723		0,2384
424	8,46				0,4229	-0,0016		0,2106
425	8,48				0,6902	0,1226		0,4064
426	8,50				0,5067	0,1129		0,3098
427	8,52				0,7495	0,3163		0,5329
428	8,54				0,4060	0,0775		0,2417
429	8,56				0,6173	0,2801		0,4487
430	8,58				0,3417	0,0480		0,1949
431	8,60				0,3651	-0,0591		0,1530
432	8,62				0,1907	-0,1745		0,0081
433	8,64				0,1063	-0,0870		0,0097
434	8,66				-0,1374	-0,1046		-0,1210
435	8,68				0,1760	-0,0669		0,0546
436	8,70				0,1760	-0,2772		-0,0506
437	8,72				-0,1441	-0,2772		-0,2107
438	8,74				0,0287	-0,1924		-0,0818
439	8,76				-0,3097	-0,3304		-0,3200
440	8,78				-0,0835	-0,0966		-0,0900
441	8,80				-0,2897	-0,4272		-0,3584
442	8,82				-0,3714	-0,1921		-0,2817
443	8,84				-0,3572	-0,1921		-0,2746
444	8,86				-0,3747			-0,3747
445	8,88				-0,3307			-0,3307
446	8,90				-0,4941			-0,4941
447	8,92				-0,3009			-0,3009
448	8,94				-0,3980			-0,3980
449	8,96				-0,1307			-0,1307
450	8,98				-0,1307			-0,1307



Gráfica de la aceleración promedio vs tiempo del vehículo Chevrolet Luv D-Max a 70 km/h.

ANEXO X

EJEMPLO DE TABLA DE DESACELERACIONES Y GRÁFICAS DEL VEHÍCULO CHEVROLET LUV D-MAX 4x4 C.D. A 70 km/h EN SUPERFICIE DE RODADURA ASFALTADA

N°	Tiempo	Prueba # 1	Prueba # 2	Prueba # 3	Prueba # 4	Prueba # 5	Acel. Media
		Aceleración	Aceleración	Aceleración	Aceleración	Aceleración	
1	0,00	0,6230	1,1523	1,4397	1,6015	1,3491	1,2331
2	0,02	1,1427	1,2402	1,1143	0,9918	1,4315	1,1841
3	0,04	1,5867	0,9890	1,1143	0,9948	0,8213	1,1012
4	0,06	1,2004	1,0995	0,8824	1,2146	0,8609	1,0515
5	0,08	0,9210	1,0995	1,4319	1,4053	1,2153	1,2146
6	0,10	0,9210	1,2484	1,7286	1,4053	1,2153	1,3037
7	0,12	0,7490	1,0171	1,5460	1,6121	1,3777	1,2604
8	0,14	1,0402	0,9607	1,0320	1,3237	1,2119	1,1137
9	0,16	1,1646	1,3041	0,8592	0,9571	1,1086	1,0787
10	0,18	0,9739	1,2520	0,8124	1,1423	1,1540	1,0669
11	0,20	1,1294	1,2520	1,8850	1,3295	1,2959	1,3784
12	0,22	0,7966	1,1396	1,8850	1,2641	1,0435	1,2258
13	0,24	0,8993	1,1580	1,5448	1,4289	1,0441	1,2150
14	0,26	1,3789	1,3692	1,2920	1,5828	1,3312	1,3908
15	0,28	1,4422	1,2364	1,1149	1,1754	1,5020	1,2942
16	0,30	1,4422	1,3054	1,2673	1,1754	1,2462	1,2873
17	0,32	1,0523	1,1054	1,2815	1,0156	1,2462	1,1402
18	0,34	0,4598	1,1804	1,1918	1,1511	0,9153	0,9797
19	0,36	0,6046	1,3071	1,4526	1,3623	1,1900	1,1833
20	0,38	0,9552	1,3972	1,6811	1,5861	1,3524	1,3944
21	0,40	1,4602	1,2141	1,6946	1,3749	1,1626	1,3813
22	0,42	1,6708	1,2141	1,6946	1,1478	1,3241	1,4103
23	0,44	1,7144	1,0691	1,3590	1,1915	1,2340	1,3136
24	0,46	1,2149	1,2074	1,0445	1,3066	1,2827	1,2112
25	0,48	0,8959	1,2316	1,5144	1,2216	1,2834	1,2294
26	0,50	0,8842	1,2161	1,4792	1,2216	1,2887	1,2180
27	0,52	0,8842	1,1806	1,6683	1,1899	1,2887	1,2423
28	0,54	0,8868	1,1203	1,2548	1,2827	1,1230	1,1335
29	0,56	1,0791	1,1541	1,3972	1,4952	1,1789	1,2609
30	0,58	1,0463	1,1020	1,3348	1,1526	1,2158	1,1703
31	0,60	0,9296	1,3816	1,3348	1,1017	1,3297	1,2155
32	0,62	1,0481	1,3816	1,1751	1,1017	1,2370	1,1887
33	0,64	1,2114	1,4550	1,7259	1,3625	1,2174	1,3944
34	0,66	1,3182	1,2738	1,7051	1,4150	1,0078	1,3440
35	0,68	1,1810	1,1572	1,4493	1,1529	1,5680	1,3017
36	0,70	1,0778	1,0186	1,1507	1,2845	1,2001	1,1463

37	0,72	0,7932	1,4267	1,1078	1,0915	1,2001	1,1239
38	0,74	0,7932	1,3300	1,1078	1,0531	1,4051	1,1378
39	0,76	0,8963	1,2104	1,5472	1,4123	2,4750	1,5082
40	0,78	1,2932	1,3167	1,8302	1,6541	1,6205	1,5429
41	0,80	1,6794	1,1010	1,3066	1,3271	0,5317	1,1892
42	0,82	1,2257	0,7449	1,0150	1,1168	0,6176	0,9440
43	0,84	1,3233	0,7449	1,2474	1,1168	1,5752	1,2015
44	0,86	1,0082	1,2087	1,4385	0,9414	1,6482	1,2490
45	0,88	0,8254	1,2075	1,4713	1,0360	1,0980	1,1276
46	0,90	0,9612	1,4167	1,4747	1,5511	1,1740	1,3155
47	0,92	1,2493	1,1471	1,4225	1,3982	1,1740	1,2782
48	0,94	1,2493	0,9016	1,4225	1,1328	1,8789	1,3170
49	0,96	1,3337	1,1830	1,2532	1,1962	0,9851	1,1902
50	0,98	1,1188	1,0185	1,4099	1,1194	0,8638	1,1061
51	1,00	1,1788	1,1272	1,5253	1,1429	1,4687	1,2886
52	1,02	1,2134	1,5746	1,5306	1,3996	1,3219	1,4080
53	1,04	1,1418	1,5746	1,4069	1,3996	1,4593	1,3964
54	1,06	0,6926	1,8787	0,9246	1,8237	0,9083	1,2456
55	1,08	1,3643	4,5857	1,5735	-1,9033	1,2204	1,3681
56	1,10	1,6708	-1,3831	1,3252	5,8650	1,5318	1,8019
57	1,12	1,2454	1,2833	0,9772	0,5420	0,9248	0,9945
58	1,14	1,0090	1,5520	0,9772	0,0736	0,9248	0,9073
59	1,16	1,0090	1,4131	1,1712	-0,1447	1,2798	0,9457
60	1,18	1,2601	0,9625	1,2405	1,1339	1,5295	1,2253
61	1,20	1,0381	1,2150	1,0480	1,7520	2,0585	1,4223
62	1,22	0,4651	1,1999	1,2430	2,2961	1,5050	1,3418
63	1,24	1,0972	1,1999	1,3072	2,2961	1,1941	1,4189
64	1,26	1,4839	1,4144	1,3481	2,0064	1,0171	1,4540
65	1,28	1,5178	1,3985	1,1794	1,1261	1,4436	1,3331
66	1,30	0,5700	1,6053	1,3286	1,2083	1,0966	1,1618
67	1,32	0,6983	1,3435	1,3286	1,4948	1,4852	1,2701
68	1,34	0,9409	1,5925	1,6496	1,4032	1,4852	1,4143
69	1,36	0,9409	2,3250	1,5017	0,9519	1,7403	1,4919
70	1,38	1,1093	2,7468	1,0903	1,1459	1,1728	1,4530
71	1,40	0,8863	3,4690	1,6139	0,8432	1,0198	1,5665
72	1,42	1,4262	4,6008	1,4262	1,2059	1,9368	2,1192
73	1,44	1,4406	5,4452	1,8716	1,2059	1,4569	2,2840
74	1,46	1,5722	5,4452	1,8716	1,6610	1,0978	2,3295

75	1,48	1,6764	8,6557	1,8567	2,1187	1,4173	3,1450
76	1,50	1,8151	2,5950	0,5037	1,5619	1,4431	1,5838
77	1,52	2,0085	4,9279	1,2337	1,9335	1,2215	2,2650
78	1,54	1,7773	6,9451	0,9203	3,1565	1,2215	2,8041
79	1,56	1,7773	6,3462	1,3979	3,1565	1,5005	2,8357
80	1,58	2,2582	6,4869	2,3344	3,9506	1,6692	3,3399
81	1,60	2,5916	4,9433	1,7548	5,3859	1,0412	3,1434
82	1,62	2,2455	6,2203	1,3587	3,7992	2,2197	3,1687
83	1,64	2,9088	6,7511	1,0025	4,2562	2,6914	3,5220
84	1,66	3,5315	6,7511	1,0025	5,4484	3,2963	4,0059
85	1,68	5,0093	7,3174	1,6365	6,2649	4,7248	4,9906
86	1,70	4,7019	8,0411	1,9677	6,0588	6,1109	5,3761
87	1,72	5,3074	7,0228	1,8296	5,8985	4,8947	4,9906
88	1,74	4,8180	7,9760	1,8518	6,0142	4,8947	5,1109
89	1,76	4,8180	7,3603	2,3985	6,0142	4,9319	5,1046
90	1,78	2,6963	7,7569	3,0996	6,9063	5,2000	5,1318
91	1,80	5,0677	7,4599	3,9120	7,0943	6,3709	5,9810
92	1,82	4,0480	8,1308	4,5395	6,6311	5,7727	5,8244
93	1,84	5,5639	7,4478	5,0538	6,8700	5,1261	6,0123
94	1,86	7,4582	7,4478	5,0538	6,5424	7,1981	6,7401
95	1,88	11,1677	8,0470	4,0374	6,5424	7,0195	7,3628
96	1,90	12,5337	8,2236	4,6942	7,2086	6,8942	7,9109
97	1,92	10,6523	7,7060	5,8980	6,7384	6,4835	7,4956
98	1,94	8,8176	8,2821	6,7804	7,6346	6,5568	7,6143
99	1,96	8,1356	8,0914	6,0362	7,3130	6,5568	7,2266
100	1,98	8,1356	8,2419	5,4343	7,0213	6,6881	7,1042
101	2,00	8,3648	8,4745	7,2925	7,1672	7,7129	7,8024
102	2,02	8,4635	8,8592	7,3934	7,9654	7,6419	8,0647
103	2,04	9,0527	8,0730	6,8044	7,2797	7,1351	7,6690
104	2,06	8,9083	8,0730	6,9894	7,7444	7,0899	7,7610
105	2,08	8,9083	8,9023	6,9894	7,7444	7,1241	7,9337
106	2,10	8,3722	8,9003	7,5611	7,4677	6,8879	7,8378
107	2,12	8,5932	9,1470	7,2921	7,8759	7,4533	8,0723
108	2,14	8,5869	8,7764	7,6766	8,0771	7,4963	8,1226
109	2,16	8,7162	9,0243	8,3050	9,1581	7,4963	8,5400
110	2,18	8,8381	8,6960	8,1205	5,9130	7,3612	7,7858
111	2,20	8,8285	8,9473	8,0546	8,7321	6,4106	8,1946
112	2,22	8,6617	9,1491	8,4567	8,7316	8,6984	8,7395

113	2,24	9,0768	9,0352	8,7448	8,8054	9,6166	9,0558
114	2,26	9,1933	9,0352	8,5775	8,6486	7,0650	8,5039
115	2,28	9,3036	9,2678	8,5775	8,4384	7,6555	8,6486
116	2,30	9,3036	9,1334	8,4463	8,4384	8,2649	8,7173
117	2,32	8,8441	8,8991	9,4401	8,5617	8,7257	8,8941
118	2,34	9,0282	9,7136	9,5430	9,0141	8,1447	9,0887
119	2,36	7,8004	9,4777	9,0574	8,9180	8,1447	8,6796
120	2,38	8,7547	9,4777	8,9728	7,2580	8,2110	8,5348
121	2,40	10,0232	9,2234	9,3826	9,4805	9,1378	9,4495
122	2,42	9,3560	9,6224	9,5304	9,5018	8,3466	9,2715
123	2,44	6,8301	9,2353	9,0762	8,3311	8,5099	8,3965
124	2,46	6,5176	9,0425	8,6207	10,2784	8,4023	8,5723
125	2,48	9,3148	9,3174	9,5847	6,1923	8,4023	8,5623
126	2,50	9,3148	9,7203	9,5847	12,3239	7,9337	9,7755
127	2,52	9,2609	9,9791	8,9656	12,3239	7,9781	9,7015
128	2,54	8,5266	9,6245	9,1370	12,5432	8,9378	9,7538
129	2,56	9,1500	7,5518	9,2496	6,7339	7,6114	8,0593
130	2,58	9,1225	7,5518	9,2189	9,5588	9,4539	8,9812
131	2,60	9,7816	9,7326	9,4681	10,6270	5,5743	9,0367
132	2,62	9,1250	9,0436	9,8072	10,6270	10,7108	9,8627
133	2,64	9,4347	9,9824	9,2978	10,8554	6,2119	9,1565
134	2,66	9,7591	9,9414	9,5431	4,3456	7,6880	8,2555
135	2,68	10,7700	10,2680	8,9149	11,6994	9,9838	10,3272
136	2,70	10,7700	9,1518	8,9149	11,2445	9,9838	10,0130
137	2,72	9,8208	8,7932	9,3883	9,1177	7,8878	9,0016
138	2,74	9,6636	9,5804	9,5186	7,9446	8,8613	9,1137
139	2,76	9,8756	9,6218	9,4314	8,6222	11,4495	9,8001
140	2,78	10,6682	9,6218	8,8234	7,5461	4,8635	8,3046
141	2,80	10,1020	9,3714	8,5974	8,7146	7,4023	8,8375
142	2,82	8,0751	10,5185	8,3248	8,7146	4,8745	8,1015
143	2,84	8,9035	9,8780	7,5981	7,2169	11,2868	8,9767
144	2,86	9,5187	10,0562	9,5635	8,3803	7,9233	9,0884
145	2,88	7,7642	10,2585	10,9372	9,6055	6,1239	8,9379
146	2,90	8,3541	10,2585	6,9747	8,5839	6,1239	8,0590
147	2,92	8,3541	9,9061	6,9747	6,3992	8,0176	7,9304
148	2,94	10,0185	9,3826	10,7584	7,5798	9,4585	9,4396
149	2,96	9,4498	9,5305	8,3577	9,1130	5,8618	8,4626
150	2,98	9,1309	9,4819	7,8925	8,2290	6,2714	8,2011

151	3,00	8,4612	10,1972	8,0518	8,4231	10,9774	9,2221
152	3,02	6,9508	9,3644	8,2178	8,4231	10,4826	8,6877
153	3,04	9,0077	9,3238	10,3830	7,0905	5,3948	8,2399
154	3,06	9,0077	9,3210	10,4270	8,2416	9,2482	9,2491
155	3,08	8,4621	9,4449	9,1698	10,4894	6,2961	8,7724
156	3,10	7,9601	9,4449	6,7284	7,4561	6,2961	7,5771
157	3,12	9,8739	9,7682	6,7284	8,7985	10,3781	9,1094
158	3,14	9,4181	8,9771	7,9006	9,5009	9,3264	9,0246
159	3,16	8,6180	9,3484	7,2319	10,6697	8,6011	8,8938
160	3,18	9,5418	9,5910	7,3597	8,6170	7,3942	8,5007
161	3,20	8,6635	9,0472	11,0095	8,5101	8,9132	9,2287
162	3,22	8,6635	9,2087	11,0095	8,2981	10,1769	9,4713
163	3,24	8,9716	8,6370	12,3128	8,2981	9,3050	9,5049
164	3,26	9,2301	9,5578	9,1545	8,2980	7,5567	8,7594
165	3,28	8,9469	9,4937	10,7735	6,8155	7,5223	8,7104
166	3,30	8,5135	8,7848	7,2151	7,7988	9,9595	8,4544
167	3,32	9,6322	8,7848	8,8322	10,0299	9,9595	9,4477
168	3,34	9,1605	9,2033	11,3527	13,0919	6,7740	9,9165
169	3,36	8,8816	8,8508	8,7057	4,9897	8,8584	8,0573
170	3,38	9,3648	9,0213	8,8168	10,1380	11,2801	9,7242
171	3,40	9,3535	8,7301	9,0605	8,4582	12,3586	9,5922
172	3,42	9,2949	9,3711	9,0605	3,6418	4,9007	7,2538
173	3,44	9,2949	8,4842	9,3293	3,6418	9,8783	8,1257
174	3,46	9,1942	9,4087	9,7721	12,6935	9,5750	10,1287
175	3,48	9,1204	8,4538	8,9662	5,5826	5,8718	7,5990
176	3,50	9,1800	8,9336	8,9735	4,9022	9,1511	8,2281
177	3,52	9,0872	8,9336	9,1309	8,6131	9,1511	8,9832
178	3,54	9,1159	8,6975	9,4427	10,9210	8,9490	9,4252
179	3,56	9,1452	8,6638	9,1017	6,4188	4,4408	7,5541
180	3,58	9,6916	8,6909	9,5630	9,7155	9,0660	9,3454
181	3,60	8,9286	8,5978	9,0089	9,7155	7,3776	8,7257
182	3,62	9,5097	8,8628	9,8642	10,3076	8,8975	9,4883
183	3,64	9,5097	8,1452	9,8642	7,9218	4,9062	8,0694
184	3,66	8,7436	8,1452	9,0419	8,3688	11,3331	9,1265
185	3,68	9,4240	8,2312	9,6629	9,8058	8,8758	9,1999
186	3,70	9,1283	8,4017	8,6867	7,7349	7,7724	8,3448
187	3,72	8,8194	7,8569	9,1180	8,3833	8,4034	8,5162
188	3,74	9,1877	7,9985	9,8446	9,3931	8,4034	8,9655

189	3,76	8,8348	6,7745	8,8891	9,3931	9,0464	8,5876
190	3,78	9,0726	7,0949	9,8009	8,4317	5,2571	7,9314
191	3,80	8,4878	5,5726	8,7629	9,2566	4,3265	7,2813
192	3,82	9,0352	5,6201	9,9082	8,4974	10,0395	8,6201
193	3,84	9,0352	5,6201	9,9082	8,9340	6,3227	7,9640
194	3,86	8,3236	4,0341	8,3743	8,7935	8,8694	7,6790
195	3,88	8,9274	3,3672	9,4966	9,0217	8,8902	7,9406
196	3,90	8,3543	1,8096	8,4999	8,7005	11,1177	7,6964
197	3,92	8,1981	0,8179	9,2535	8,0712	6,0280	6,4737
198	3,94	8,8731	0,5540	8,9831	8,9885	6,0280	6,6853
199	3,96	8,1121	-1,0737	8,4670	7,8822	9,2580	6,5291
200	3,98	8,6587	-2,6516	8,6944	7,8822	7,7528	6,0673
201	4,00	7,8358	-1,4476	8,3501	8,6216	9,5967	6,5913
202	4,02	7,8193	-3,4229	8,3501	6,9729	8,3389	5,6116
203	4,04	7,1455	-3,4229	7,9756	7,1243	7,1171	5,1879
204	4,06	7,1455	-2,8097	8,3624	6,6662	7,2672	5,3263
205	4,08	6,9941	-2,3188	7,5632	6,6662	7,7299	5,3269
206	4,10	6,0118	-1,3752	7,8537	4,9153	5,0656	4,4943
207	4,12	5,4347	-2,4492	6,9092	5,3810	3,8976	3,8347
208	4,14	3,9045	-1,7553	6,9831	2,9125	3,8642	3,1818
209	4,16	2,9939	-1,7553	6,9831	1,9868	3,8642	2,8146
210	4,18	1,5123	-2,2585	4,7803	1,9868	2,6944	1,7431
211	4,20	1,5891	-0,6905	5,2948	0,7648	1,4081	1,6732
212	4,22	-0,5172	-1,2529	3,0917	0,6987	1,3459	0,6732
213	4,24	-1,0840	-0,3781	2,8966	-0,5300	-0,3313	0,1146
214	4,26	-1,0840	-0,6152	0,6892	-1,4099	-0,9303	-0,6701
215	4,28	-2,2828	-0,3337	0,6993	-3,9691	-2,5067	-1,6786
216	4,30	-2,3109	0,3137	-0,4146	-2,1332	-3,0517	-1,5193
217	4,32	-3,0852	0,0614	-0,9415	-2,8375	-2,8736	-1,9353
218	4,34	-3,0141	0,5009	-2,3676	-2,5720	-2,5648	-2,0035
219	4,36	-2,5140	0,5009	-2,3676	-2,6544	-2,5648	-1,9200
220	4,38	-2,0328	0,9766	-2,8565	-2,1422	-1,9678	-1,6045
221	4,40	-2,6661	1,5478	-2,8579	-2,1422	-1,4674	-1,5172
222	4,42	-1,2113	1,5623	-2,4130	-1,8546	-2,6866	-1,3206
223	4,44	-0,2844	2,0316	-1,9936	-2,6871	-4,6451	-1,5157
224	4,46	-0,9451	2,2253	-3,0833	-2,9070	-4,6451	-1,8711
225	4,48	-0,9451	2,8547	-1,6240	-1,8290	-2,9131	-0,8913
226	4,50	-0,8044	3,0415	-2,1462	-1,5964	-3,0890	-0,9189

227	4,52	-0,8923	3,0779	-1,4762	-1,7171	0,0852	-0,1845
228	4,54	-0,8329	3,5425	-2,1985	-0,5919	-0,8516	-0,1865
229	4,56	-0,2769	3,5425	-0,5783	-0,3262	-1,2825	0,2157
230	4,58	0,2350	2,5543	-0,5783	0,1195	-1,2825	0,2096
231	4,60	0,4953	3,9982	-0,6525	0,1195	-0,5928	0,6735
232	4,62	0,4426	2,6925	-0,5808	0,6830	-0,7196	0,5036
233	4,64	1,1064	4,1404	-2,7043	1,3021	0,6794	0,9048
234	4,66	0,9887	2,8348	6,1857	1,0376	0,2711	2,2636
235	4,68	0,9887	1,8503	-0,8863	1,9671	1,2463	1,0332
236	4,70	1,2851	2,0693	0,5607	1,8460	1,3346	1,4191
237	4,72	1,8288	2,7164	2,3289	2,6440	2,2117	2,3459
238	4,74	1,7924	0,6996	0,6422	2,6788	1,8458	1,5318
239	4,76	2,4115	0,6996	1,4165	3,5253	1,8458	1,9798
240	4,78	2,6073	0,2420	1,4165	3,0731	2,9592	2,0596
241	4,80	2,9860	0,2054	1,8828	3,2921	3,7888	2,4310
242	4,82	2,9082	-0,0850	1,7337	3,2921	2,9028	2,1503
243	4,84	3,2864	-0,0079	2,1370	3,6786	3,8820	2,5952
244	4,86	3,0484	-1,5864	4,4719	2,7323	2,0476	2,1428
245	4,88	3,0153	-0,6426	2,3314	3,7834	4,2485	2,5472
246	4,90	3,0153	-1,6535	4,3380	2,8891	4,2485	2,5675
247	4,92	1,8796	-0,7968	3,2842	3,2493	1,9454	1,9123
248	4,94	2,4027	-0,5464	3,1777	1,4640	2,9981	1,8992
249	4,96	2,6077	-0,8770	2,7077	2,5124	3,2661	2,0434
250	4,98	2,1248	-0,8770	3,1628	0,9987	2,0430	1,4905
251	5,00	2,0663	-0,2593	3,1628	0,4173	3,3897	1,7554
252	5,02	1,2686	-0,3193	1,8549	0,4173	0,3211	0,7085
253	5,04	0,7830	-0,0404	2,1832	-0,0455	1,0655	0,7892
254	5,06	0,4738	0,2015	1,8397	0,7435	1,0321	0,8581
255	5,08	0,2693	0,2952	1,2027	0,1326	-0,2891	0,3222
256	5,10	0,2693	0,6995	1,1310	-0,3771	-0,2891	0,2867
257	5,12	-0,3856	0,7740	-0,6134	-1,2706	-0,3274	-0,3646
258	5,14	-0,5797	1,3189	0,1926	-0,9787	-2,7886	-0,5671
259	5,16	-1,4634	1,3030	-0,2444	-1,4424	-1,5328	-0,6760
260	5,18	-1,0926	1,3030	-0,1051	-1,2321	-1,9561	-0,6166
261	5,20	-0,9724	1,5481	-0,1051	-1,4846	-1,1423	-0,4313
262	5,22	-1,1695	1,4541	-0,7429	-0,8583	-1,4505	-0,5534
263	5,24	-0,7088	1,6999	-0,7347	-0,8583	-0,9806	-0,3165
264	5,26	-0,5631	1,6259	-1,0272	-1,1201	-1,0574	-0,4284

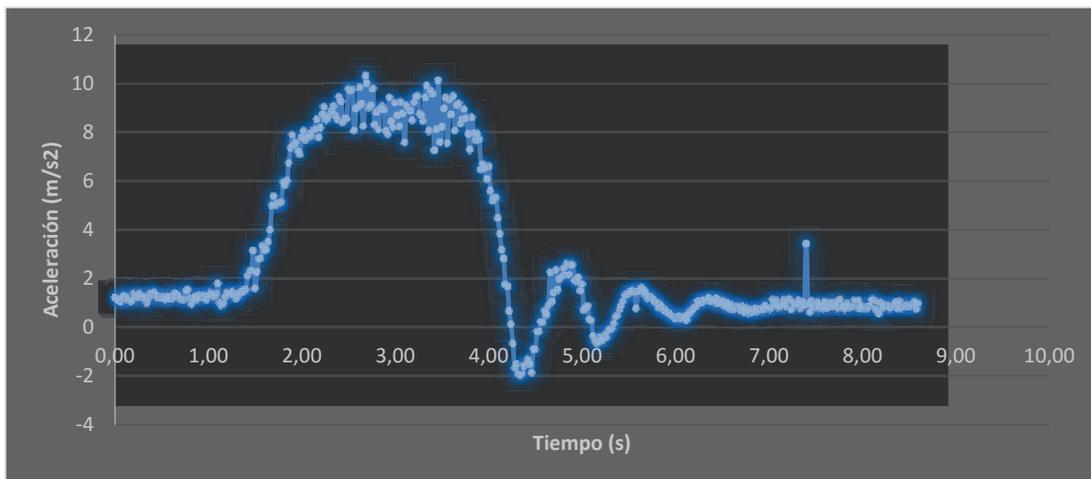
265	5,28	-0,3599	1,8168	-1,1302	-0,6103	-0,4182	-0,1403
266	5,30	-0,3599	1,9802	-0,9655	-0,7993	-0,4182	-0,1125
267	5,32	-0,3533	1,6237	-0,8332	0,0409	-0,7791	-0,0602
268	5,34	0,0642	1,8633	-0,6488	-0,2115	-0,3332	0,1468
269	5,36	0,4335	1,4502	-0,0783	0,5229	-0,1533	0,4350
270	5,38	0,3515	1,5717	-0,1717	0,3158	0,3489	0,4833
271	5,40	0,8471	1,5717	-0,1717	1,0547	0,3504	0,7304
272	5,42	0,8303	1,4086	0,1506	1,0538	1,0013	0,8889
273	5,44	1,2252	1,4370	0,4801	1,0538	1,1804	1,0753
274	5,46	1,2547	1,3312	0,6127	1,9500	1,3698	1,3037
275	5,48	1,5604	1,1885	1,1797	1,5708	1,2788	1,3556
276	5,50	1,5006	1,2230	1,1219	1,8693	1,2788	1,3987
277	5,52	1,5006	0,8718	1,1219	1,5907	1,9961	1,4162
278	5,54	1,7581	1,0980	1,6109	1,9943	1,1321	1,5187
279	5,56	1,6937	0,6914	1,5452	1,6924	1,5987	1,4443
280	5,58	1,6452	0,7722	1,8229	-2,3218	1,8945	0,7626
281	5,60	1,7928	0,7722	1,7053	1,2327	1,9311	1,4868
282	5,62	1,5955	0,5666	1,8576	1,8115	1,6915	1,5046
283	5,64	1,8284	0,4818	1,9150	1,8115	2,0024	1,6078
284	5,66	1,4485	0,3266	1,7488	1,5925	1,6969	1,3627
285	5,68	1,4631	0,2429	1,9042	1,6704	1,9946	1,4550
286	5,70	1,3523	0,1922	1,6797	1,2066	1,5541	1,1970
287	5,72	1,3777	0,1364	1,6797	1,3165	1,5541	1,2129
288	5,74	1,3777	0,4025	1,5584	1,2357	1,5669	1,2283
289	5,76	1,3503	0,1938	1,5364	1,3231	1,3430	1,1493
290	5,78	1,2048	0,5268	1,4253	0,9601	1,0593	1,0353
291	5,80	1,2123	0,2804	1,5626	1,0222	1,1926	1,0540
292	5,82	0,7941	0,2804	1,0745	0,8234	0,9255	0,7796
293	5,84	0,8971	0,5598	1,4319	0,7829	0,9089	0,9161
294	5,86	0,6052	0,6746	0,9312	0,7829	0,6224	0,7233
295	5,88	0,7540	0,6462	1,0960	0,5416	0,7688	0,7613
296	5,90	0,7074	0,9712	0,9007	0,3977	0,2867	0,6527
297	5,92	0,4616	0,8842	0,9007	0,4202	0,2867	0,5907
298	5,94	0,4616	1,1475	0,6913	0,1226	0,3298	0,5506
299	5,96	0,5550	0,9137	0,6401	0,1094	0,0463	0,4529
300	5,98	0,2590	1,2902	0,4060	-0,0484	0,1705	0,4154
301	6,00	0,3829	1,0186	0,4110	0,1001	-0,1991	0,3427
302	6,02	0,1934	1,2619	0,1470	0,0704	0,1704	0,3686

303	6,04	0,3450	1,2619	0,4265	0,3958	-0,1299	0,4598
304	6,06	0,1940	0,9763	0,0413	0,3958	0,1994	0,3613
305	6,08	0,4227	1,1040	0,3435	0,2700	-0,0542	0,4172
306	6,10	0,3585	1,1040	0,1666	0,2696	0,3172	0,4432
307	6,12	0,5101		0,1666	0,2632	0,2055	0,2864
308	6,14	0,8728		0,2061	0,7215	0,2055	0,5015
309	6,16	0,8728		0,4609	0,6404	0,6444	0,6546
310	6,18	0,7905		0,2950	0,9803	0,6104	0,6691
311	6,20	0,9317		0,6817	0,7435	0,8733	0,8075
312	6,22	0,9236		0,5989	0,8386	0,9788	0,8350
313	6,24	0,9986		0,9959	1,3485	0,8757	1,0547
314	6,26	0,9986		0,7537	1,3485	1,1134	1,0535
315	6,28	1,3132		1,1104	0,5565	1,0086	0,9972
316	6,30	0,9896		0,9162	1,3447	1,1911	1,1104
317	6,32	1,3891		1,1766	0,9439	0,9406	1,1126
318	6,34	1,0513		1,1766	1,3056	0,9406	1,1185
319	6,36	1,1493		1,2736	1,1375	1,2637	1,2060
320	6,38	1,0496		1,0784	1,1375	0,9487	1,0535
321	6,40	1,1204		1,3023	1,1860	0,9487	1,1394
322	6,42	1,0105		1,0215	1,0697		1,0339
323	6,44	1,0278		1,2724	1,2333		1,1778
324	6,46	1,0278		0,9426	0,9034		0,9579
325	6,48	1,1384		1,2420	0,9363		1,1056
326	6,50	0,6938		1,2420	0,8820		0,9392
327	6,52	1,0887		1,1785	0,8983		1,0552
328	6,54	0,7407		0,8939	0,8983		0,8443
329	6,56	0,9957		1,0598	0,9366		0,9974
330	6,58	0,8182		0,7014	0,6919		0,7372
331	6,60	0,9649		0,9748	0,8508		0,9302
332	6,62	0,6949		0,6455	0,8508		0,7304
333	6,64	0,8893		0,6455	0,7383		0,7577
334	6,66	0,8893		1,0032	0,6898		0,8608
335	6,68	0,9565		0,9213	0,7223		0,8667
336	6,70	0,6336		0,7585	0,6401		0,6774
337	6,72	0,9571		0,8634	0,7663		0,8623
338	6,74	0,6452		0,6767	0,5359		0,6193
339	6,76	0,8508		0,8046	0,7097		0,7884
340	6,78	0,6085		0,5982	0,5458		0,5841

341	6,80	0,7746		0,8673	0,5458		0,7292
342	6,82	0,6282		0,5311	0,6700		0,6098
343	6,84	0,7161		0,7996	0,4244		0,6467
344	6,86	0,7161		0,7996	0,8043		0,7733
345	6,88	0,9851		0,4751	0,5290		0,6631
346	6,90	0,7139		0,8471	0,5290		0,6967
347	6,92	0,8142		0,7666			0,7904
348	6,94	0,7719		0,6273			0,6996
349	6,96	0,9013		0,8621			0,8817
350	6,98	0,9013		0,6657			0,7835
351	7,00	0,9156		0,6657			0,7907
352	7,02	0,7504					0,7504
353	7,04	1,1203					1,1203
354	7,06	0,8669					0,8669
355	7,08	1,1004					1,1004
356	7,10	0,8269					0,8269
357	7,12	0,8269					0,8269
358	7,14	0,9499					0,9499
359	7,16	1,1212					1,1212
360	7,18	0,8432					0,8432
361	7,20	1,1025					1,1025
362	7,22	1,1728					1,1728
363	7,24	0,7125					0,7125
364	7,26	1,0272					1,0272
365	7,28	0,9203					0,9203
366	7,30	0,9203					0,9203
367	7,32	1,1052					1,1052
368	7,34	0,7703					0,7703
369	7,36	1,0623					1,0623
370	7,38	0,8854					0,8854
371	7,40	3,4387					3,4387
372	7,42	0,9537					0,9537
373	7,44	0,6038					0,6038
374	7,46	1,0815					1,0815
375	7,48	0,7981					0,7981
376	7,50	0,7981					0,7981
377	7,52	1,0267					1,0267
378	7,54	0,7948					0,7948

379	7,56	0,9113					0,9113
380	7,58	0,7505					0,7505
381	7,60	1,0432					1,0432
382	7,62	0,7600					0,7600
383	7,64	0,9188					0,9188
384	7,66	1,0297					1,0297
385	7,68	0,8437					0,8437
386	7,70	0,8437					0,8437
387	7,72	1,0475					1,0475
388	7,74	0,7859					0,7859
389	7,76	1,1348					1,1348
390	7,78	0,7910					0,7910
391	7,80	0,9182					0,9182
392	7,82	0,7531					0,7531
393	7,84	0,9775					0,9775
394	7,86	0,8185					0,8185
395	7,88	0,8257					0,8257
396	7,90	0,8257					0,8257
397	7,92	1,1141					1,1141
398	7,94	0,8149					0,8149
399	7,96	1,1046					1,1046
400	7,98	0,7712					0,7712
401	8,00	0,8712					0,8712
402	8,02	0,7893					0,7893
403	8,04	0,8145					0,8145
404	8,06	0,7904					0,7904
405	8,08	0,8713					0,8713
406	8,10	1,1224					1,1224
407	8,12	1,1224					1,1224
408	8,14	0,7188					0,7188
409	8,16	1,0468					1,0468
410	8,18	0,5549					0,5549
411	8,20	0,9995					0,9995
412	8,22	0,7624					0,7624
413	8,24	0,9203					0,9203
414	8,26	0,8758					0,8758
415	8,28	0,8803					0,8803
416	8,30	0,7889					0,7889

417	8,32	0,8347					0,8347
418	8,34	0,8347					0,8347
419	8,36	1,0384					1,0384
420	8,38	0,7664					0,7664
421	8,40	1,0668					1,0668
422	8,42	0,7956					0,7956
423	8,44	0,8338					0,8338
424	8,46	0,8384					0,8384
425	8,48	0,9122					0,9122
426	8,50	0,8568					0,8568
427	8,52	0,8737					0,8737
428	8,54	0,8737					0,8737
429	8,56	1,0457					1,0457
430	8,58	0,7383					0,7383
431	8,60	0,9879					0,9879



Gráfica de la aceleración promedio vs tiempo del vehículo Chevrolet Luv D-Max a 70 km/h.