



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

“Análisis de los ángulos de incidencia en los neumáticos para determinar el consumo de combustible en un vehículo Suzuki k10”.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Br. Marco Antonio Reluz Fiestas (ORCID: 0000-0003-3293-6690)

ASESOR:

Msc. James Skinner Celada Padilla (ORCID: 0000-0002-5961-2669)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

CHICLAYO – PERÚ

2019

Dedicatoria

A Dios, por guiarme en cada paso que doy ,por iluminar mi mente y fortalecer mi corazón y por haber puesto en mi camino a las personas indicadas que han sido mi guía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres, en especial a mi madre Sebastiana Fiestas Guzmán que a pesar de las dificultades siempre estuvo presente en mi desarrollo profesional y que con su amor, paciencia y humildad me enseñaron la perseverancia en el diario trajinar de la vida.

A mi esposa María Rosa y a mi hija Dajanna Paulina que son mi fortaleza mi gran orgullo y motivación que me impulsan cada día superarme y seguir adelante.

Marco Antonio Reluz Fiestas

Agradecimiento

A la Universidad Cesar Vallejo por haberme acogido y permitirme ser parte de ella abriéndome las puertas de su seno científico, a mis asesores, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento, así como haber tenido la paciencia para guiarme en el desarrollo de mi tesis .

Sincero agradecimiento a doctores y maestros, de la Universidad Cesar Vallejo Chiclayo pues forjaron con paciencia, tolerancia y perseverancia el espíritu investigativo cultivando actitudes solidarias.

Marco Antonio Reluz Fiestas



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Dante Carranza
Mgtr. Dante Omar Panta Carranza
Coordinador de Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 15:00 horas del día 19 de diciembre de 2019, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Carrera Profesional N° 220-2019-UCV-EPIME, de fecha 12 de diciembre, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis: "ANÁLISIS DE LOS ÁNGULOS DE INCIDENCIA EN LOS NEUMÁTICOS PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO SUZUKI K10", presentada por el Br. Reluz Fiestas Marco Antonio con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Mecánico Electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

- **Presidente** : Mg. Dante Omar Panta Carranza
- **Secretario** : Dr. Daniel Carranza Montenegro
- **Vocal** : Mg. Edilbrando Vega Calderon

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

Aprobado por mayoría

Siendo las 16:00 horas del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 19 de diciembre de 2019

Mg. Dante Omar Panta Carranza
Presidente

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Chiclayo Pimentel Km. 3.5
Telf.: (074) 481616 / Anexo: 6514

Secretario

Mg. Edilbrando Vega Calderon
Vocal

#ucvperu
#saliradelante
ucv.edu.pe

Declaratoria de Autenticidad

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, MARCO ANTONIO RELUZ FIESTAS, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 41181436, con el trabajo de investigación titulada, "Análisis de los ángulos de incidencia en los neumáticos para determinar el consumo de combustible en un vehículo Suzuki k10."

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

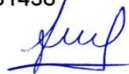
De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 20 de agosto del 2019

Nombres y apellidos: MARCO ANTONIO RELUZ FIESTAS

DNI: 41181436

Firma



Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado.....	iv
Declaratoria de Autenticidad.....	v
Índice.....	vi
Índice de Figuras	ix
Índice de Tablas	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad problemática.	1
1.1.1 Problemática internacional.....	1
1.1.2 Problemática nacional.....	4
1.1.3 Problemática local.....	7
1.2 Trabajos previos.	10
1.3 Teorías relacionadas al tema.	12
1.3.1 Convergencia y Divergencia (TOE).....	12
1.4 Formulación del problema.	20
1.5 Justificación del estudio.	20
1.5.1 Justificación Social.....	20
1.5.2 Justificación Técnica.....	20
1.5.3 Justificación Económica.....	20
1.5.4 Justificación Ambiental.....	21
1.6 Hipótesis	21
1.7 Objetivos.....	21
1.7.1 Objetivo General	21
1.7.2 Objetivos específicos	21

II. MÉTODO	22
2.1 Diseño de investigación:	22
2.2 Variables, Operacionalización:	22
2.2.1 Variable independiente:	22
2.2.2 Variable dependiente:	22
2.2.3 Operacionalización de variables	23
2.3 Población y muestra:.....	24
2.3.1 Población.....	24
2.3.2 Muestra	24
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos: valides y confiabilidad:	24
2.4.1 Técnicas	24
2.4.2 Instrumento de recolección de datos.....	24
2.5 Validez y confiabilidad	25
2.6 Métodos de análisis de datos:	25
2.7 Aspectos éticos:.....	25
III. RESULTADOS	26
3.1 Realizar un diagnóstico de la situación actual en cuanto a los valores de convergencia y divergencia, ángulo de caída y ángulos de avance en los vehículos Suzuki K10.	26
3.2 Medir los consumos de combustible del vehículo, en función a la variación de los ángulos de incidencia, de acuerdo a un protocolo de pruebas frecuente determinado.....	39
3.3 Determinar la relación numérica entre los valores de los ángulos de incidencia, y el consumo de combustible.....	47
3.4 Proponer procedimientos de diagnóstico y mantenimiento que permitan mantener los valores de los ángulos dentro de un rango apropiado para garantizar el ahorro de combustible.....	57
IV. DISCUSIÓN	58
V. CONCLUSIONES	59
VI. RECOMENDACIONES	60

REFERENCIAS	61
ANEXOS	62
Acta de Aprobación de originalidad de tesis	67
Reporte de turnitín.....	68
Autorización de publicación de tesis repositorio institucional UCV.....	69
Autorización de la versión final del trabajo de investigación.	70

Índice de Figuras

Figura 1. Venta de Vehículos Nuevos, Enero – Febrero 2017.....	5
Figura 2: Venta por año de autos nuevos 2008-2017 (Variación Porcentual).....	7
Figura 3: Ángulos de Incidencia en los neumáticos.....	13
Figura 4: Ajustes en la caída de neumático.....	14
Figura 5: Avance positiva y negativa.....	15
Figura 6: Sensor de ángulo de Dirección.....	16
Figura 7: Equipo Alineador Electrónico de Dirección.....	27
Figura 8: Convergencia y Divergencia en sistema de dirección.....	28
Figura 9: Ángulo de Caída.....	32
Figura 10: Ángulos de avance.....	35
Figura 11: Variación del consumo específico de combustible (Km/Galón) – Divergencia Convergencia (mm) (Prueba n°1).....	40
Figura 12: Variación del consumo específico de combustible (Km/Galón) – Divergencia Convergencia (mm) (Prueba n°2).....	42
Figura 13: Variación del consumo específico de combustible (Km/Galón) – Ángulo de Caída (Grados) (prueba n°1).....	43
Figura 14: Variación del consumo específico de combustible (Km/Galón) – Ángulo de Caída (Grados) (Prueba n°2).....	44
Figura 15: Variación del consumo específico de combustible (Km/Galón) – Ángulo de Avance (Grados) (Prueba n°1).....	45
Figura 16: Variación del consumo específico de combustible (Km/Galón) – Ángulo de Avance (Grados) (Prueba n°2).....	46
Figura 17: Relación Numérica Divergencia Convergencia – Consumo de combustible.	55
Figura 18: Relación Numérica ángulo de caída – Consumo de combustible.....	55
Figura 19: Relación Numérica ángulo de avance – Consumo de combustible.....	56

Índice de Tablas

Tabla 1: Autos con menor índice en consumo de combustible por marca y modelo	3
Tabla 2 : Con muestra de unidades con diferentes tipos de asistencia.....	6
Tabla 3: Reporte de fallas en los sistemas de vehículo	9
Tabla 5: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	24
Tabla 6: Especificaciones técnicas de equipo de medición	26
Tabla 7: Registro de mediciones de valores de divergencia-convergencia.....	29
Tabla 8: Registro de valores Divergencia - Convergencia	30
Tabla 9: Análisis estadístico de la Divergencia – Convergencia.....	32
Tabla 10: Valores de ángulo de Caída (Grados), medidos en cada periodo de mantenimiento	33
Tabla 11: Registro de Medición de Caída (Camber).....	34
Tabla 12: Análisis estadístico de Caída (Camber).	35
Tabla 13: Valores de ángulo de Avance (Grados), medidos en cada periodo de mantenimiento	36
Tabla 14: Caster positivo - negativo	37
Tabla 15: Análisis estadístico del Avance (Caster).....	38
Tabla 16: Medición de Convergencia- Divergencia (Prueba n°1).....	40
Tabla 17: Medición de Convergencia Divergencia (Prueba n°2).....	41
Tabla 18: Medición del ángulo de caída (grados) (prueba n°1)	42
Tabla 19: Medición del ángulo de caída (grados) (Prueba n°2).....	43
Tabla 20: Medición del ángulo de Avance (grados) (Prueba n°1)	44
Tabla 21: Medición del ángulo de Avance (grados) (Prueba n°2)	45
Tabla 22: Cálculo de constantes de linealidad Convergencia-Divergencia (Prueba n°1)	48
Tabla 23: Cálculo de constantes de linealidad Convergencia-Divergencia (Prueban°2).	49
Tabla 24: Cálculo de constantes de linealidad Ángulo de Caída (Prueba n°1)	50
Tabla 25: Cálculo de constantes de linealidad Ángulo de Caída (Prueba n°2)	51
Tabla 26: Cálculo de constantes de linealidad Ángulo de Avance (Prueba n°1).....	52
Tabla 27: Cálculo de constantes de linealidad Ángulo de Avance (Prueba n°2).....	53
Tabla 28: Consumo específico de combustible	54

RESUMEN

En la presente investigación denominado “ANÁLISIS DE LOS ÁNGULOS DE INCIDENCIA EN LOS NEUMÁTICOS PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO SUZUKI K10”, es del ámbito automotriz, y tiene como objeto de estudio determinar el consumo de combustible en los vehículos Suzuki, al tener diferentes posiciones de los ángulos de incidencia, y de esa manera realizar los ajustes a las ruedas en el momento adecuado del mantenimiento programado.

El estudio se inicia con el análisis de los registros de la medición de los ángulos de incidencia de los vehículos SUZUKI K10, en el cual se evidencia que a medida que el recorrido del vehículo excede los 5000 Km de recorrido entre mantenimientos programados, los valores de los ángulos de incidencia presentan gran dispersión. Luego se realizó el seguimiento de los valores de los ángulos de incidencia para dos vehículos de pruebas, que tienen las mismas condiciones de operatividad, es decir con los parámetros de operación del motor dentro del rango óptimo de operación; se hicieron las medidas variando los ángulos de divergencia convergencia, el ángulo de caída y el ángulo de avance, con el consumo de combustible a diferentes recorridos, con lo que se obtuvo la relación entre las variaciones de los ángulos y el consumo específico de combustible, expresado en Km/galón.

Finalmente, se realizó el modelamiento numérico entre las variaciones de los ángulos de incidencia y el consumo específico de combustible, estableciéndose una relación lineal entre dichas variables, se utilizó el método de los mínimos cuadrados a fin de realizar la linealización de la relación, para cualquier ángulo de incidencia, dentro de un rango especificado.

Palabras Claves: ángulos de incidencia, consumo específico de combustible, modelamiento numérico.

ABSTRACT

In the present investigation called "ANALYSIS OF THE ANGLES OF INCIDENCE IN THE TIRES TO DETERMINE THE FUEL CONSUMPTION IN A SUZUKI K10 VEHICLE", it is of the automotive field, and its object of study is to determine the fuel consumption in the Suzuki vehicles, have different positions of the angles of incidence, and in that way make adjustments to the wheels at the proper time of maintenance.

The study begins with the analysis of the records of the measurement of the angle of incidence of SUZUKI K10 vehicles, which shows that as the vehicle travel exceeds 5000 km of travel between scheduled maintenance, the values of the angles of incidence present great dispersion. Then, the values of the angles of incidence were monitored for two test vehicles, which have the same operating conditions, that is, with the operating parameters of the engine within the optimum range of operation; the measurements were made varying the angles of convergence divergence, the angle of fall and the angle of advance, with the fuel consumption to different routes, with what was obtained the relation between the variations of the angles and the specific fuel consumption, expressed in Km / gallon.

Finally, the numerical modeling was performed between the variations of the angles of incidence and the specific fuel consumption, establishing a linear relationship between these variables, the least squares method was used in order to perform the linearization of the relationship, for any angle of incidence, within a specified range.

Keywords: incidence angles, specific fuel consumption, numerical modeling.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática.

1.1.1 Problemática internacional.

“En Bolivia, por desconocimiento de los usuarios, los neumáticos mal alineados consumen más combustible que los que tienen ángulos de alineamiento estipulados por el fabricante” (WIDMAN INTERNATIONAL, 2017, p.1)

130 Mil neumáticos se reportan en Chile que cada año son reemplazados, siendo entre los factores del alto consumo de éstos repuestos, el recorrido excesivo del vehículo, la mala conducción del vehículo, neumáticos con presión de aire inadecuada, ruedas mal alineadas, balanceo inapropiado, mal estado de la carretera, siendo éstos neumáticos en desuso, residuos sólidos que en algunos casos son utilizados como combustible de algún proceso artesanal, como es el caso del uso en los hornos para la elaboración de ladrillos. (Vásquez, 2018, p.1)

Para mantener dentro de los rangos de confiabilidad de un neumático es necesario realizar el alineamiento. En México, el parque automotor realiza cada 10,000 km en promedio el alineamiento de los neumáticos. Los irregulares desgastes se deben a una mala alineación en su geometría, básicamente si el neumático presenta ángulos de incidencia variables, según el caso. De presentarse desviaciones juegos laterales en el volante, si al realizar un giro el volante no regresa a su posición original son síntomas que nos indicaran que los angulos de incidencia no están dentro de los rangos apropiados de trabajo. (CONAE México, 2016, p.3).

“En los últimos años en Europa, con el afán de tener mayor confort, más seguridad, menor contaminación y menor consumo de combustible la dirección han evolucionado desde un sistema mecánico pasando a un sistema hidráulico hasta el sistema eléctrico” (Gutiérrez, 2016, p.3)

Los cuatro aspectos relevantes en cuanto a evolución del sector automotriz, tiene a la seguridad como uno de sus progresos más significativos; un vehículo seguro es aquel que se pueda maniobrar eficientemente, los sistemas de dirección deberán cumplir con estándares para el mejor confort en la conducción, se evidencia que en los autos con

dirección asistencia hidráulica incrementa el consumo de combustible. (Ventura, 2017, p.6.)

“El uso de la energía eléctrica, particularmente en el sistema de dirección, mejora la operatividad, la conducción, la seguridad en los sistemas, inclusive el consumo de combustible” (Gutiérrez, 2016, p.9)

“En los últimos cinco años, los sistemas de dirección de los vehículos livianos con menos de 3,5T de peso seco, son asistidos eléctricamente, siendo muy pocos los asistidos hidráulicamente, éste cambio radica en disminución del consumo de combustible” (Cabezas, 2018, p.67).

“A medida que pasan los años la evolución en los sistemas han mejorado, los vehículos consumen menos combustible esto debido a la eficiencia de mezclas homogéneas en la combustión, la transformación de energía mecánica, calorífica y eléctrica del motor” (El comercio, 2017, p.3).

En vehículos motorizados el consumo de energía estará en función a la cilindrada del motor, por otro lado de no ser esta sus causas dependerá de las mezclas homogéneas de aire y combustible en la combustión y la eficiencia en el quemado de las partículas de combustible en los cilindros de cada ciclo de combustión en el motor. Los vehículos con promedios de 1300cc su promedio de consumo específico de combustible estará dentro de los 60 incluso en 70 Km por galón, el cual varía en función a la cilindrada de cada motor y la eficiencia de funcionamiento de sus componentes.

Tabla 1: Autos con menor índice en consumo de combustible por marca y modelo

Modelo Vehículo	Consumo con S/. 100.	Consumo Km/Galón	Cilindrada (cc)	Potencia (HP)
Nissan Tilda	430	68	1598	107
Nissan Sentra 1.8	426	67	1798	129
Mazda 3	425	67	1998	152
Volkswagen Polo	411	64	1390	85
Fiat 500	408	68	1242	69
Mazda 6	388	61	2488	185
Nissan Versa	385	60	1598	106
Fiat Punto	383	60	1368	76
Kia Picanto	369	58	1248	86
Volkswagen Voyage	354	56	1598	101
GW Volleex	341	53	1497	131
Fiat Linea	336	53	1368	76
Volkswagen Jetta	331	52	1984	115
Suzuki Kizashi	324	51	2393	175
Subaru WRX	308	48	1998	268
Huyndai I40	301	47	2000	164

Fuente: García, 2016

En la Tabla 1, se puede visualizar algunos vehículos de combustión interna con capacidad menor de 2400cc de cilindrada, y que los datos con respecto a rendimiento específico van variando dependiendo a las estructuras diseños y modelos. Se puede observar que en los sistemas con asistencia hidráulicas varía el consumo de energía esto se debe a la presencia de mayor elementos requeridos para su funcionamiento, asimismo se necesita el uso de aceite hidráulico que generara presión cuando se ponga en funcionamiento el motor .al comparar con los autos con asistencia eléctrica el consumo específico disminuye en este sistema. (García, 2016, p.7).

Al realizar un estudio se concluyó con respecto a términos energéticos, este tiene un índice mayor sobre el consumo de energía nacional equivalente al 15% del consumo de energía en España. Asimismo, la dependencia que se tiene al consumo de combustibles fósiles, el cual aumenta las emisiones de CO₂, incrementando así los fenómenos de

calentamiento global los que causan daño al planeta generando cambios climáticos variables. (IDAE, 2014).

En la India son usuales los autos con asistencia hidráulica, antes que los autos con asistencia eléctrica, esto se debe que los vehículos Hindú a velocidades entre 40 y 50 Km/hora, el consumo específico de combustible es menor, dejando de lado la utilización de los vehículos con asistencia eléctrica, aun sabiendo que en los sistemas hidráulicos el consumo específico de combustible se incrementa. (Auto data, 2016, p.4)

De acuerdo con lo indicado por el autor cuando hace referencia que el consumo específico de los vehículos depende de su composición y al espacio por el cual transita. Es por lo mencionado que cada tipo de vehículo es adaptado a las condiciones de trabajo y tránsito, siendo el 20% y 60% de los costos variables. Existen diferentes métodos que se utilizan para su cuantificación el cual nos permite la adaptación de algunos modelos lo que nos permitirá la reducción de consumo específico de combustible en diferentes regímenes de trabajo. (Herrera, 2017, p.34).

1.1.2 Problemática nacional.

“En Lima, los usuarios no realizan el alineamiento y balanceo de las unidades vehiculares como un plan de prevención, sino que solo conocen del alineamiento cuando la unidad pasa la inspección técnica vehicular, cada seis meses o un año según sea el caso.”(MTC, 2017, p.4)

El sector automotriz, en muchos lugares informal, no realiza planes de mantenimiento al sistema de dirección y de los neumáticos. Las causas de que el alineamiento no sea el adecuado son diversas, siendo entre ellas, el ajuste incorrecto, mala conducción, peso excesivo y condiciones de la carretera; se evidencia que en el sector rural, en donde existen tramos sin pavimentar, los vehículos pierden rápidamente el alineamiento, con consecuencias de problemas de viraje, riesgo en la conducción, desgaste irregular del neumático e incremento del consumo del combustible. (MTC, 2017, p.4)

“En el Perú, los consumos de combustible de los vehículos están en función al motor y su cilindrada la tecnología que posee, la maniobrabilidad de los conductores, y los mantenimientos a los sistemas” (INGOL, 2015).

“el sistema de dirección con asistencia electrohidráulica tiene su ventaja en la comodidad que estas ofrecerán a sus conductores con respecto a la suavidad al realizar las maniobras a grandes velocidades, asimismo el ahorro de combustible el cual solo consumirá energía cuando se necesita” (ARPEM, 2017)

Según los estudios realizados el parque automotor crece cada año, obteniéndolos ya sea para uso personal o como una herramienta de trabajo, y esta inversión está presente en muchos ciudadanos, las mayorías de las marcas están basadas a dar un mejor confort a sus usuarios, cada uno de los vehículos de ajustará a las condiciones de uso y la economía propia de cada uno. (Todo Autos, 2018, p.3).

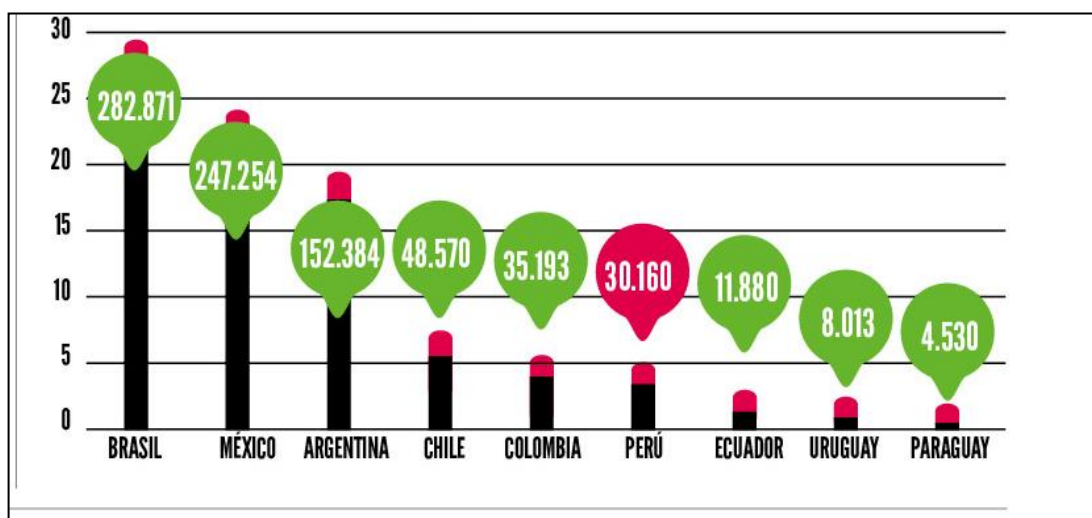


Figura 1. Venta de Vehículos Nuevos, Enero – Febrero 2017

En Lima en el 2015 tienen vehículos motorizados de 1'785,554 vehículos livianos y pesados. Asimismo los autos de menor capacidad (motos y moto taxis) alcanzan las 1'252,373 unidades según (AAP).

Se calcula que en el Perú un promedio de 2'602,030 vehículos livianos y pesados, y 2'675,558 vehículos menores. Se visualiza en los últimos tiempos un índice de ventas de autos menores (menor a 3,5 TN) siendo la dirección asistida eléctricamente el más usado actualmente esto se debe a diferentes factores como precios y mantenimientos. Lima tiene el 68.6% vehículos pesados y menores del país, y el 46.8% de vehículos livianos en todo el país.

Tabla 2 : Con muestra de unidades con diferentes tipos de asistencia

Año	N° Unidades menores	Con asistencia Hidráulica %	Con asistencia Eléctrica %
2010	877	78	21
2011	769	71	29
2012	988	73	27
2013	1108	61	39
2014	891	65	35
2015	832	52	48
2016	1114	35	64

Fuente: Grupo Pana, 2016

En la tabla 2, se describe que entre el año 2010 al 2016, en la concesionaria, puede mostrar que los vehículos con asistencia eléctrica tienen mayor aceptación desde un 21% llegando hasta un 64% en ventas, desplazando en ventas a los vehículos a los vehículos con asistencia hidráulica esto se da por la influencia de diferentes ofertas del producto y la aceptación que tienen en el rubro automotriz según. (Grupo Pana, 2018).

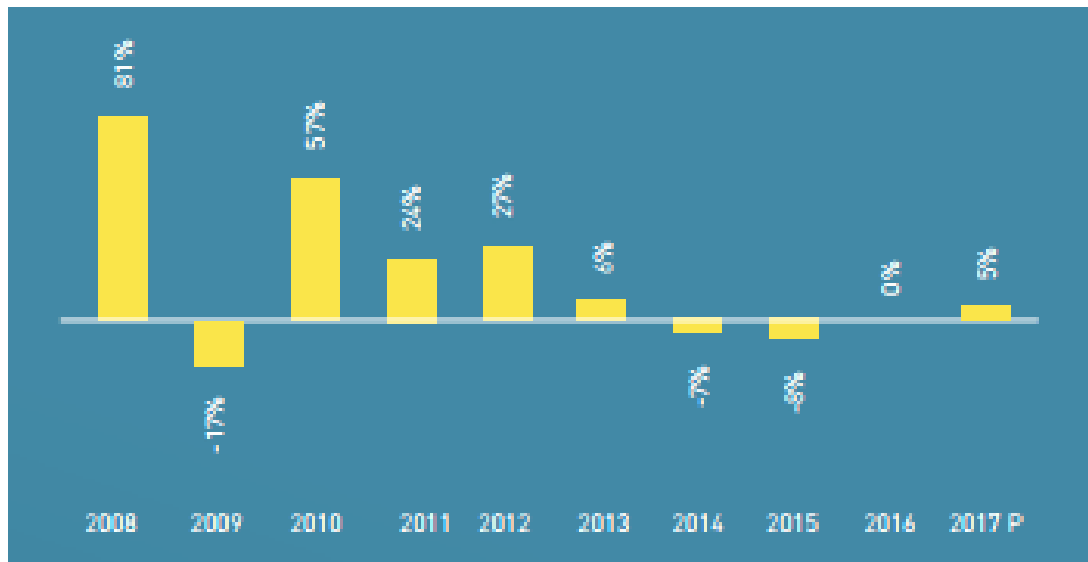


Figura 2: Venta por año de autos nuevos 2008-2017 (Variación Porcentual)

Fuente: Asociación Automotriz del Perú (AAP)

1.1.3 Problemática local.

En la ciudad de Chiclayo, se observa que actualmente tiene un parque automotor renovado, sin embargo el problema no es la tecnología que utilizan sino la falta de mantenimiento a los sistemas, en los cuales el sistema de dirección frecuentemente se desalinean, y eso se evidencia en los reportes en la empresa concesionaria de éstas unidades, en donde el sistema de dirección presenta dos problemas significativos que son la desviación de los neumáticos y que el volante de dirección se encuentra obstaculizado y por lo tanto no llega a su fin de curso, generando desestabilidad en el manejo y pérdida en el control del sistema.

El transporte público en Chiclayo y sus alrededores se realiza en unidades pequeñas de cilindrada menores a 1500 cc, y los mantenimientos no se realizan de acuerdo a lo que recomienda el fabricante, más aún el alineamiento y balanceo, no se hace de acuerdo a lo planificado, sino solo se realiza el reemplazo de nuevos neumático, sin importar las mediciones de los ángulos de la dirección.

A pesar de que existen máquinas que realizan el alineamiento computarizado, muchos transportistas optan por realizar un alineamiento no preciso, utilizando solo reglas y otros accesorios, sin tener en cuenta la tolerancia y la precisión que esto amerita; la razón que es injustificada es por lo costos de alineamiento computarizado que es 5 veces mayor al convencional.

Tabla 3: Reporte de fallas en los sistemas de vehículo

Sistema	Fallas	Número de Vehículos Reportados							
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Motor	Motor no funciona con GLP, solo con gasolina	84	89	70	98	65	88	74	70
	Motor no revoluciona a altas velocidades	122	110	87	127	56	154	122	111
	Desconfiguración del sistema de GLP	45	32	37	28	14	19	34	23
Sistema de Suspensión	Juegos axiales y longitudinales en las ruedas posteriores	14	13	8	16	22	26	21	17
	Defectos en las fijaciones en el chasis o suspensión	12	13	12	11	16	13	15	14
Sistema de Dirección	Desviación de las ruedas mayor a 12m/km	22	26	34	32	26	26	29	19
	Volante no llega a fin de curso por encontrarse obstaculizado	11	12	16	11	12	14	11	10
Sistema de frenos	Eficiencia en los freno de servicio menor al 20%	65	67	87	56	87	67	87	76
	Alto Desequilibrio de frenado en las ruedas delanteras	76	88	97	56	78	87	88	67
Sistema de Transmisión	Perdidas de fluidos y/o juegos excesivos.	13	15	18	19	34	54	56	65

Fuente: Interamericana S.A, 2017

1.2 Trabajos previos.

De acuerdo con Arias (2017), para obtener el grado de Magister en Automatización y control: Realizo un sistema de diagnóstico de fallas en direcciones con asistencia eléctrica de vehículos, el cual fue presentado a la Escuela de Post grado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, acota entre sus conclusiones:

- Tomo como muestra algunas de las fallas en el sistema EPS el cual son: fallas de los sensores por desconexión y vías, así también fallas en el motor de asistencia por variaciones paramétricas.
- Las muestras tomadas fueron de un vehículo (carrocería SEDAN) marca Hyundai el cual calculo la transmisión de torque del conductor con un sistema de dirección EPS mediante un modelo matemático, representándolo en espacio de estado basándose en leyes físicas.
- Para obtener datos del funcionamiento del sistema EPS utilizo un emulador utilizando Simulink y Carsim, obteniendo datos cuando el conductor realiza una maniobra con el vehículo en movimiento al hacer un cambio de carril. Determinando si el sistema EPS cumple con las exigencias con las respuestas deseadas.
- Obtuvo una matriz con 11 tipos de fallas, basándose en un sistema localización de averías del EPS en Relaciones de Redundancia Analítica mediante pruebas de sensibilidad del residual fue posible estimar variaciones de parámetros en los sistemas,

(Pérez Rey, 2013), en su tesis Doctoral, denominada “Desarrollo de nuevas metodologías de inspección del sistema de dirección de vehículos mediante placa alineadora”, presentado a la Universidad CARLOS III DE MADRID, presenta en sus conclusiones:

Lo primero que se propone, es el empleo de la placa alineadora reemplazando a un instrumento de medición del ángulo de incidencia. Los rangos de rechazo o aceptación en la ITV estas variaciones estarán en función a cada marca y modelo de vehículo,

asimismo a las recomendaciones establecidas por su fabricante. Con este sistema se mantendrá la estructura y sistemas originales sin hacer variaciones de fabricación.

La segunda propuesta tendrá como aplicación una revisión que se basara en la adhesión lateral provocado por ajuste erróneo en la alineación. El cual se propone el empleo de la placa alineadora como instrumento que reemplace a una placa dinamométrica, el cual nos permitira el análisis de la fuerza lateral que se genera entre el suelo fijo y el neumático, en condiciones normales de circulación. Cuando la fuerza permanente sea menor, mayor será la capacidad del neumático para asumir esfuerzos adicionales necesarios para dirigir el vehículo.

La tercera propuesta estará basada en las medidas de desviaciones laterales mediante la placa alineadora. Un vehículo correctamente ajustado no deberá presentar desviaciones, por lo tanto mediante este método se determinó límites de desviación lateral, igual para todos tipos y marcas de autos, el cual la hace la más factible de las tres propuestas. Para poder determinar se estudió previamente los rangos propuestos por los fabricantes, resultando en el establecimiento de un límite asimétrico respecto del cero, el cual es algo nuevo. Desviaciones laterales entre -8 y +12 m/km no habrían defecto. Las superiores a los anteriores, y por debajo de -11 y +15 m/km nos llevarían a la calificación de Defecto Leve, y las superiores o iguales a estas últimas, llevarían aparejadas la obligación de ajustar su alineación y volver a pasar la inspección.

(Redín, 2014), en su Tesis de grado denominada: “Diseño y construcción de un banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas”, expuesta a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR, muestra en sus conclusiones:

Este proyecto permite en su totalidad, hacer pruebas de funcionamiento a sistemas de dirección hidráulica, siendo muy útil para cajas de dirección hidráulica reparadas, reconstruidas, o simplemente dadas mantenimiento, permitiendo realizar simulaciones de funcionamiento y de posibles fallas que se pueden presentar en las mismas, para así asegurar que la caja de dirección hidráulica se encuentra en perfectas condiciones sin necesidad de probarla, instalándola en el vehículo.

Con el interés de hacer el banco de pruebas de cajas con asistencia hidráulica, fácil de manipular y operar, me motive a recolectar una amplia información sobre todo el sistema de dirección y en especial de cajas de dirección hidráulica, siendo esta información muy valiosa, ya que sirvió para construir el banco de pruebas, de tal forma que sea fácil, rápido, y preciso de utilizar, además de aportar con motivación a los demás estudiantes, mecánicos, y técnicos, a informarse más sobre este amplio y desconocido tema y así lograr que les surja la necesidad de utilizar el banco de pruebas ya construido.

En el desarrollo de este proyecto se optimizo y simplifíco toda la información recaudada en libros y medios digitales, sirviendo este trabajo de tesis como fuente de información clara y precisa sobre los diferentes sistemas, para ser utilizado como fuente de información para futuros proyectos comprendidos del mismo tema.

Se consiguió una construcción de un modelo de banco de pruebas de cajas de dirección hidráulica, obteniendo resultados positivos después de efectuarle varias pruebas de funcionamiento, por lo que se encuentra apto en su manipulación.

1.3 Teorías relacionadas al tema.

1.3.1 Convergencia y Divergencia (TOE)

Esta medición está referida a la visualización desde arriba con respecto a la inclinación de las ruedas encontradas o separadas. Estos angulos de incidencia se consideran más críticos respecto a desgastes en los neumáticos. Las ruedas con medición TOE IN apuntan una a la otra (Convergencia) y con TOE OUT apuntan a direcciones separadas (Divergencia).

Camber

Esta medición se refiere a la inclinación de las ruedas con respecto del piso y vistas desde el frente. Las ruedas que se inclinan hacia el vehículo tienen Camber negativo. Las que se inclinan hacia afuera del vehículo tienen Camber positivo.

Caster

Esta medición se refiere al ángulo del eje de la dirección en relación con una línea imaginaria vertical a través del centro de la rueda vista desde un lado. Caster positivo es el término usado cuando el ángulo de inclinación de la rueda es mayor al especificado por el fabricante, o sea que la dirección está "echada hacia atrás". Caster negativo es el

término usado cuando el ángulo de inclinación de la rueda es menor al especificado por el fabricante, o sea que la dirección está "echada hacia adelante". El Caster adecuado permite maniobrar el volante con mayor facilidad.

Ángulo de Arrastre.

Esta medición se refiere a la relación que guardan las cuatro ruedas con respecto a una línea central trazada a través del vehículo de defensa a defensa. El término "ángulo de arrastre" se refiere a la dirección a la que apuntan las ruedas traseras. Este ángulo es corregible sólo en vehículos con suspensiones traseras adaptables. En los demás se compensa alineando las ruedas delanteras con las traseras. (STOP EXPRESS BRAKE LAB, 2016, p.4)

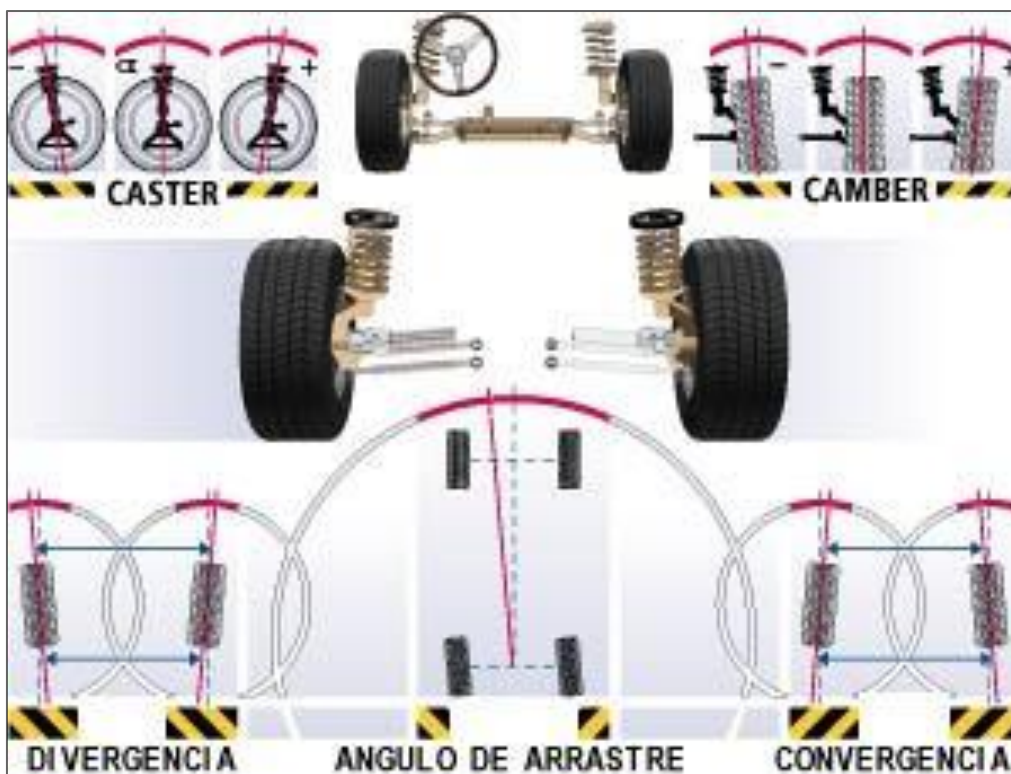


Figura 3: Ángulos de Incidencia en los neumáticos.

Métodos de Ajuste de Caídas en Neumáticos.

Las caídas se pueden ajustar de varias formas en los coches en función de la morfología y diseño del chasis. No todos los coches son susceptibles de regulación de caídas por estos métodos y cada modelo ha de ser valorado en particular, pero sírvase la siguiente imagen como varios ejemplos de posibles ajustes.

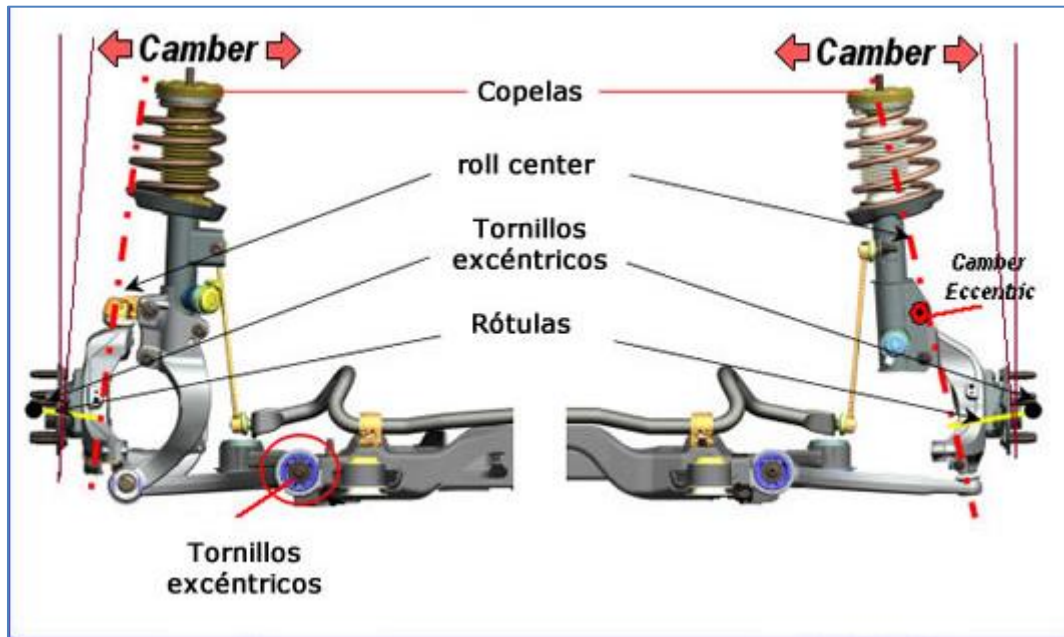


Figura 4: Ajustes en la caída de neumático

El Angulo de caída en los vehículos es de suma importancia ya que de ello dependerá la adherencia que debe de tener con respecto a la calzada de los neumáticos, un ajuste apropiado de los angulos es de cierta forma es ángulo de caída positivo, asimismo, para el ángulo de caída negativo ayudara a las ruedas interiores en una curva. Siendo el ángulo de avance uno de los factores importantes en la tracción de las ruedas.

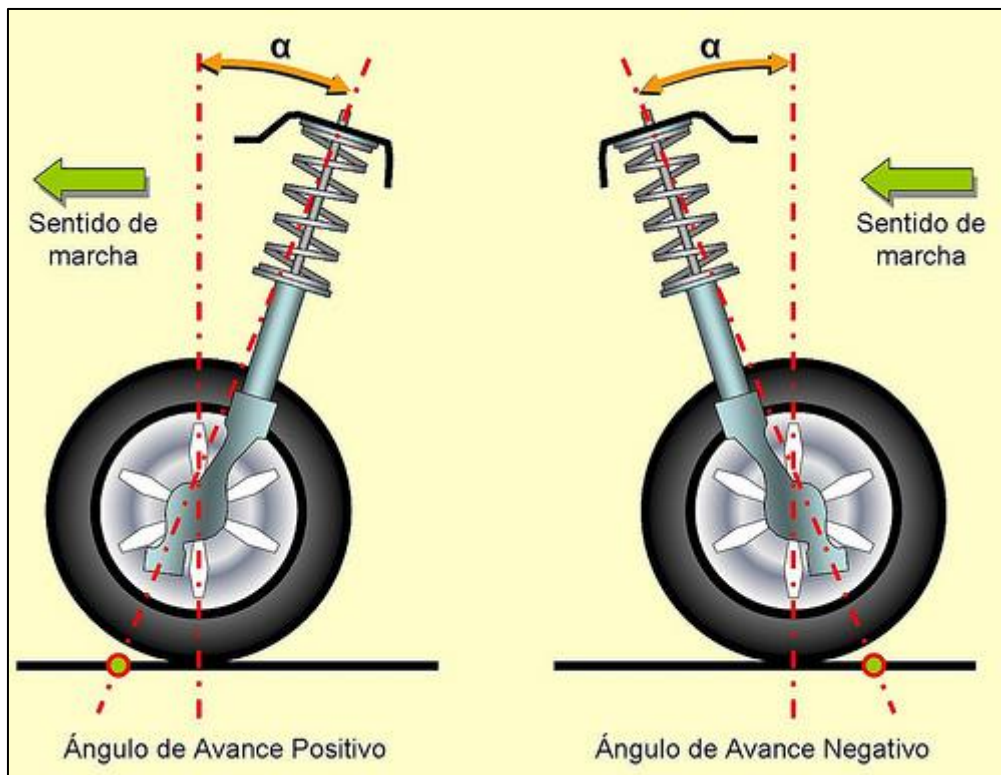


Figura 5: Avance positiva y negativa

Sensor de ángulo de dirección

Este sensor está localizado detrás del anillo retractor con el anillo colector para el sistema airbag. Se instala en la columna de dirección, entre el mando combinado y el volante.

Envía la señal para la detección del ángulo de dirección, destinándola a la unidad de control para electrónica de la columna de dirección a través del CAN-Bus de datos.

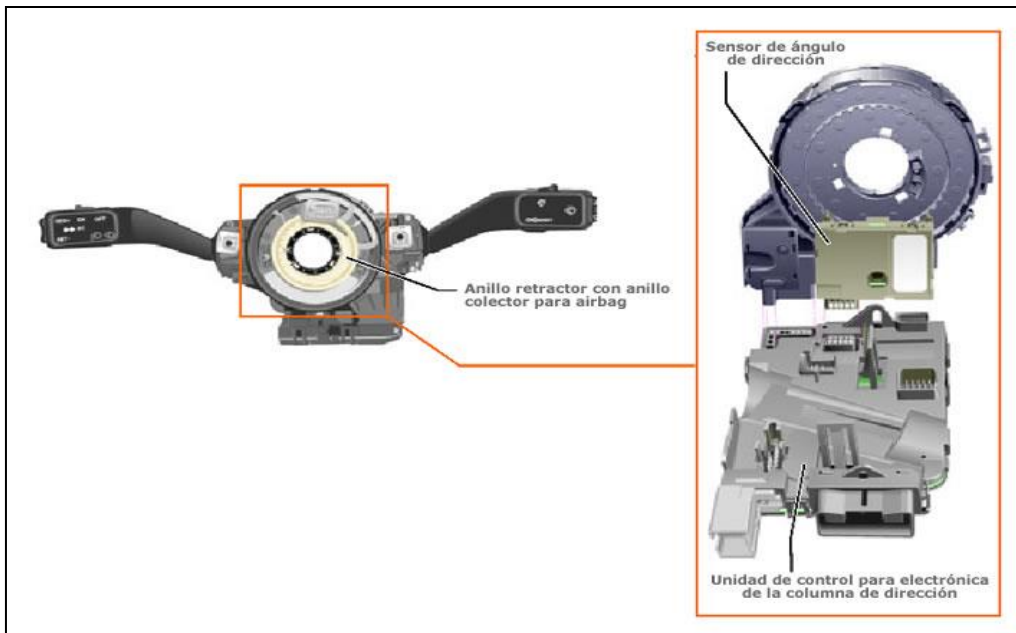


Figura 6: Sensor de ángulo de Dirección.

Síntomas, Causas y Soluciones en Desgaste de Neumáticos.

Desgaste regular del neumático

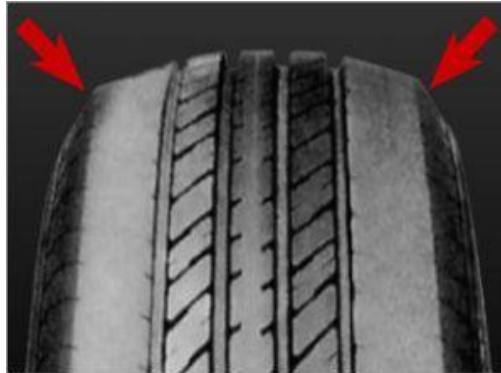


Síntomas: El neumático se desgasta de manera regular sobre toda la banda de rodadura pero su dibujo es inferior al límite legal de 1.6 mm.

Causas: No se han cambiado los neumáticos a tiempo.

Soluciones: Cambiar los neumáticos.

Desgaste irregular en los hombros del neumático



Síntomas: Ambos hombros se encuentran desgastados pero no la parte central.

Causas: La presión insuficiente de inflado o circulación con cargas excesivas sin verificar la presión.

Soluciones: verificar la presión de los neumáticos según indique el fabricante y circular con un ajuste apropiado según la carga sometida.

Desgaste en el centro del neumático



Síntomas: El dibujo del neumático la banda de rodadura en el centro es menor que en los hombros.

Causas: Circulación con una presión de inflado excesiva.

Soluciones: Ajustar la presión de inflado correctamente.

Desgaste irregular en el hombro exterior del neumático



Síntomas: En el neumático el hombro exterior se encuentra desgastado.

Causas: los ejes sobrecargados, caída positiva en exceso.

Soluciones: Ajustar los parámetros de alineación ajustando la caída o Camber.

Desgaste irregular en el hombro interior del neumático



Síntomas: El hombro interior del neumático se encuentra desgastado.

Causas: Caída negativa en exceso, ejes sobrecargados.

Soluciones: Ajustar los parámetros de alineación ajustando la Caída o Camber.

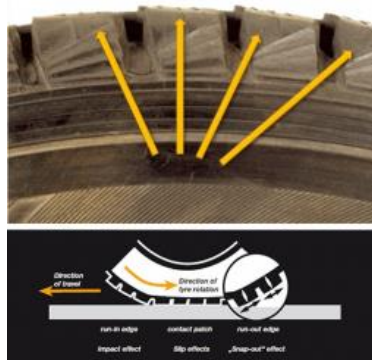
Desgaste localizado en el neumático

Síntomas: Una zona localizada del neumático se encuentra con el dibujo desgastado.

Causas: Frenada de emergencia, derrape, fallos en los frenos.

Soluciones: Revisar el sistema de frenos y verificar que los neumáticos no se han dañado.

Desgaste irregular en forma de dientes de sierra.



Síntomas: Desgaste en los canales encargados del drenaje de agua en los neumáticos.

Causas: Amortiguadores del sistema de suspensión en mal estado, ángulos de incidencia desajustados.

Soluciones: realizar ajustes en los sistemas de dirección y suspensión comprobando daños en ellos, asimismo ajustar los ángulos de incidencia.

Desgaste en diagonal sobre el neumático

Síntomas: Aparecen desgastes en forma diagonal sobre el neumático.

Causas: La rueda no está rodando de forma uniforme o puede estar rebotando sobre los costados. Las posibles causas son: rodaje suelto, mal montaje del neumático, desequilibrado, amortiguadores desgastados, etc.

Soluciones: Ajustar rodajes, verificar el correcto montaje de la rueda y el neumático, comprobar el diseño adecuado del neumático con el vehículo.

Abombamiento del flanco

Síntomas: El neumático presenta un abombamiento en el flanco.

Causas: Un impacto fuerte contra un bordillo, un bache u otro elemento.

Soluciones: Sustituir el neumático.

Desgaste irregular en la banda de rodamiento.

Síntomas: Desgastes irregulares en la banda de rodadura.

Causas: Fallos en el ABS, los frenos se bloquean, desequilibrado, llanta deformada o excéntrica, contaminación de agentes químicos,

Soluciones: Verificar el sistema de suspensión y los rangos de alineamiento equilibrando las ruedas.

1.4 Formulación del problema.

¿Cuál es el Grado de Impacto de los Ángulos de Incidencia en los Neumáticos en el Consumo Combustible en un Vehículo Suzuki K10?

1.5 Justificación del estudio.

1.5.1 Justificación Social.

Se justifica socialmente, porque al tener el ajuste óptimo de los ángulos de incidencia, los pasajeros que viajan en las unidades, tendrán el confort adecuado, y por ende un viaje sin problemas para su salud física y mental. Así mismo el vehículo al contar con sus ángulos de incidencia dentro de lo especificado por el fabricante, disminuye los riesgos de accidente por falla mecánica, lo que incrementa la seguridad de viajar en éste tipo de unidades.

1.5.2 Justificación Técnica.

Se justifica realizar el estudio, para determinar los valores máximos de los ángulos de incidencia, en el cual el vehículo tenga un consumo específico dentro de lo establecido por el fabricante. Valores superiores a los ángulos de incidencia, dificultan la conducción correcta de la unidad. Al conocer los ángulos de incidencia de los neumáticos mediante mediciones con los equipos de alineamiento computarizado, será posible hacer los ajustes en el sistema dirección, y de esa manera el vehículo circule sin las desviaciones propias de los neumáticos, tanto en su viraje como en su desplazamiento rectilíneo. El desgaste irregular de los neumáticos, es consecuencia directa de tener ángulos de incidencia fuera de lo establecido, con lo cual, el tiempo de vida de los neumáticos disminuye.

1.5.3 Justificación Económica.

El estudio se basa en la relación existente entre los ángulos de incidencia y el consumo de combustible, se justifica económicamente, porque permite establecer el momento y la forma de los ajustes a los mecanismos del sistema de dirección, con lo cual el

consumo de combustible se mantiene dentro de sus valores normales, y de esa manera no ocasiona incrementos en los costos de operación de la unidad vehicular. Al incrementar el tiempo de utilización de los neumáticos, disminuyen los mantenimientos y sus costos por alineamiento y por adquisición de neumáticos nuevos.

1.5.4 Justificación Ambiental.

El consumo óptimo de combustible en los vehículos, contribuye a que las emisiones de los gases de escape estarán dentro del rango permisible, y de esa manera no tener emisiones de gases de escape elevadas, al tener mayor como consecuencia del mayor consumo de combustible al estarlos de ángulos de incidencia fuera del rango establecido.

1.6. Hipótesis

El análisis de los ángulos de incidencia en los neumáticos permite determinar el consumo de combustible en un vehículo Suzuki k10.

1.7 Objetivos.

1.7.1 Objetivo General

Analizar Los Ángulos De Incidencia En Los Neumáticos Para Determinar El Consumo De Combustible En Un Vehículo Suzuki K10.

1.7.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual en cuanto a los valores de los ángulos de convergencia, divergencia y avance en los vehículos Suzuki K10.
- Medir los consumos de combustible del vehículo, en función a la variación de los ángulos de incidencia, de acuerdo a un protocolo de pruebas frecuente determinado.
- Determinar la relación numérica entre los valores de los ángulos de incidencia, y el consumo de combustible.
- Proponer procedimientos de diagnóstico y mantenimiento que permitan mantener los valores de los ángulos dentro de un rango apropiado para garantizar el ahorro de combustible.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación:

Al no realizar ninguna modificación en las variables para el estudio el cual se tomara muestra de fenómenos reales en un contexto natural que luego serán analizados, por lo cual es no experimental.

2.2 Variables, Operacionalización:

2.2.1 Variable independiente:

Análisis de los ángulos de incidencia en los neumáticos.

2.2.2 Variable dependiente:

Consumo de combustible en un vehículo Suzuki.

2.2.3 Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO
Independiente: Análisis de los ángulos de incidencia en los neumáticos	Son los ángulos que se forman en el neumático con los tres ejes: longitudinal, transversal y de altura, al momento en el que vehículo se desplaza en línea recta o en un viraje.	Se miden en función a los valores en grados y minutos sexagesimales que el fabricante de cada marca y modelo estipula, para mantenerlo dentro de un funcionamiento normal.	Caída Positiva.	Grados Sexagesimales	Guía de Observación
			Caída Negativa		
			Divergencia		
			Convergencia		
			Avance Positivo		
			Avance Negativo.		
Dependiente: Consumo de combustible en un vehículo Suzuki	Es denominada al ingreso del flujo másico de combustible al motor para la combustión con el aire a una temperatura adecuada, y será mayor o menor dentro de los rangos de trabajo que requiere un vehículo.	Se mide en función al flujo de combustible que inyecta las electroválvulas de los inyectores, el cual está determinado por el tiempo en que éstas electroválvulas son accionadas por una señal proveniente de la (ECU)	Flujo másico de combustible.	mm ³ /seg.	Guía de Observación
			Tiempo de Inyección	Milisegundos	

2.3 Población y muestra:

2.3.1 Población.

Vehículos Suzuki K10 inscritos en registros públicos en Chiclayo, desde el año 2011:
348 Unidades

2.3.2 Muestra

La muestra está basada en la obtención de datos técnicos del vehículo Suzuki K10 en la ciudad de Chiclayo para lo cual se obtendrán datos con equipos con tecnología láser.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos: valides y confiabilidad:

Análisis de los angulos de incidencia en los neumáticos que nos determina el consumo de combustible en un vehículo Suzuki k10

2.4.1 Técnicas

Se utilizara para el estudio lo siguiente:

Tabla 4: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

TÉCNICA	USO	INSTRUMENTO
Inspección de documentos.	Se analizaran los trabajos de Investigación, artículos científicos, características técnicas de los sistemas de dirección de los vehículos Suzuki K10	Evaluación de documentos
Observación.	Se realizaron las mediciones en los ángulos de incidencia y su influjo en el consumo de combustible	Guías para la observación.

Fuente: Elaboración propia

2.4.2 Instrumento de recolección de datos.

- **Guías de observación:** Los análisis utilizaremos será para registrar los ángulos de dirección y su incidencia en el consumo de combustible.

- **Guía para el análisis de documento:** Se revisaran los trabajos de Investigación, artículos científicos, características técnicas de los sistemas de dirección de los vehículos Suzuki K10.

2.5 Validez y confiabilidad

- **Validez:** Se validara con interpretación correcta y cuidado íntegro de los procesos metodológicos de los productos finales del argumento científico estudiando. El estudio en los ángulos de incidencia de los neumáticos y su incidencia en el consumo de combustible del vehículo Suzuki K10.
- **Confiabilidad:** Se utilizara herramientas para la investigación, con temas relacionados con autores que realizaron estudios con anterioridad, por el cual se añadió citas de autores añadiendo año de publicación y número de página de donde se obtuvo los datos presentados.

2.6 Métodos de análisis de datos:

Tomaremos en nuestro estudio estadísticas con metodología descriptiva obteniendo variables que serán útiles para el análisis de los problemas latentes para analizar los ángulos de incidencia en los neumáticos y determinar la variación de consumo de combustible en el vehículo tomado como estudio.

2.7 Aspectos éticos:

El resultado de los análisis presentados, se ejecutaran en base de los datos obtenidos, sin cambiar sus valores y cualidades, y los cálculos que se realizaran estará estipulado por las teorías científicas que ya existen, que determinan los ángulos de incidencia.

III. RESULTADOS.

3.1 Realizar un diagnóstico de la situación actual en cuanto a los valores de convergencia y divergencia, ángulo de caída y ángulos de avance en los vehículos Suzuki K10.

3.1.1 Equipo Utilizado en Mediciones

Tabla 5: Especificaciones técnicas de equipo de medición

Especificaciones Técnicas Equipo de Medición
Marca: BEISSBARTH OEM
Tecnología de alineación: CCD
Precisión (dentro del rango de medición):
Convergencia total (eje delantero + trasero) ($\pm 6^\circ$) = 4'
Convergencia individual (eje delantero + trasero) ($\pm 3^\circ$) = 2'
Caída (eje delantero + trasero) ($\pm 5^\circ$) = 2'
Desviación de las ruedas (eje delantero + trasero) ($\pm 2^\circ$) = 2'
Eje geométrico de conducción ($\pm 2^\circ$) = 2'
Rango de medición total:
Convergencia total (eje delantero + trasero) = 18°
Convergencia individual (eje delantero + trasero) = 9°
Caída (eje delantero + trasero) = 10°
Desviación de las ruedas (eje delantero + trasero) = 9°
Eje de conducción geométrica = 9°
Avance = 22°
Angulo diferencial de convergencia = 22°
Divergencia en curvas = 20°
Rango de corrección eje de dirección (eje delantero) = 10°
Max. Ángulo de dirección (eje delantero + trasero) = 60°
Retroceso eje trasero = 2°
Diferencia de distancia entre ejes = 2°
Diferencia entre lados = 9°
Diferencia de ancho de pista = 18°
Desplazamiento del eje = 9°

Fuente: Beissbarth.



Figura 7: Equipo Alineador Electrónico de Dirección

Fuente: Beissbarth.

3.1.2 Protocolo de Mediciones.

La medición de los ángulos de dirección con el equipo alienador electrónico se realiza de la siguiente forma:

- a) Ubicar el vehículo en la zona de alineamiento, dentro del lugar asignado.
- b) Instalar los sensores de alineamiento en cada una de los neumáticos. Se instala en el aro del neumático.
- c) Configura las PC del equipo electrónico de alineamiento, considerando el modelo, marca, versión y el año del vehículo Suzuki K10. La prueba se hizo a diez unidades vehiculares en cada mantenimiento programado, que es cada 5000 Km.
- d) Girar el volante de acuerdo a lo solicitado por el Software, hasta tener una posición de parada.

- e) Mantener el volante del vehículo en posición fija, para lo cual se utiliza un trabador.
- f) Registrar el valor medido.

3.1.3 Medición de Convergencia y Divergencia.

La Convergencia y Divergencia se aprecia desde una vista superior de la unidad vehicular, en el cual se muestra las posiciones de las ruedas con respecto a la línea longitudinal del vehículo tal como se observa en la figura 8. Se realizó la medición de dichos valores, utilizando el equipo de alineamiento electrónico de ruedas.

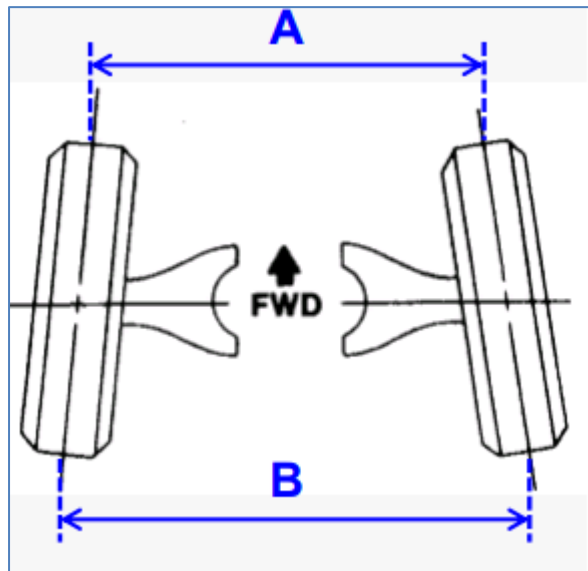


Figura 8: Convergencia y Divergencia en sistema de dirección

Fuente: Guevara, 2017.

La Divergencia y/o Convergencia es la diferencia entre las distancias B y A tal como se muestra en la figura 8

Se tiene información del alineamiento de los neumáticos, que se realiza a los vehículos en los mantenimientos programados. En la tabla 7, se registran valores de las unidades analizadas.

Tabla 6: Registro de mediciones de valores de Divergencia-Convergencia

Vehículo Registrado	Valores de Divergencia-convergencia en mm (B-A), medidos en cada periodo de mantenimiento					
	5000 Km	10000 Km	15000 Km	20000 Km	25000 Km	30000 Km
Vehículo 1	0.45	-0.18	-0.39	0.45	0.54	0.39
Vehículo 2	-0.15	0.36	0.45	-0.23	-0.54	0.34
Vehículo 3	0.23	-0.43	-0.32	0.32	-0.32	-0.45
Vehículo 4	-0.32	0.38	-0.39	-0.26	0.39	0.54
Vehículo 5	-0.19	0.36	0.43	0.45	0.49	-0.54
Vehículo 6	0.09	-0.45	0.45	-0.43	0.19	0.34
Vehículo 7	0.32	0.37	0.34	-0.49	-0.51	0.41
Vehículo 8	0.21	-0.31	-0.54	0.32	-0.41	0.19
Vehículo 9	0.24	0.32	-0.41	-0.43	0.37	0.39
Vehículo 10	-0.32	0.21	0.42	0.39	0.29	0.44

Fuente: Empresa Concesionaria Automotriz.

De la tabla 7, se tiene información de los valores de divergencia cuando su diferencia entre A-B es menor que cero, y de convergencia cuando la diferencia es mayor a cero. De los 10 registros de valores del alineamiento, muestran tanto que para Divergencia y Convergencia, los valores superan los 0.40 mm, que es el valor máximo determinado por el fabricante para ésta marca y modelo de vehículo.

Agrupando los valores de Divergencia (negativos) y Divergencia (positivos), se tiene:

Tabla 7: Registro de valores Divergencia - Convergencia

Divergencia	Convergencia
-0.18	0.45
-0.39	0.45
-0.15	0.54
-0.23	0.39
-0.54	0.36
-0.43	0.45
-0.32	0.34
-0.32	0.23
-0.32	0.32
-0.39	0.38
-0.26	0.39
-0.19	0.54
-0.54	0.36
-0.45	0.43
-0.43	0.45
-0.49	0.49
-0.51	0.09
-0.31	0.45
-0.54	0.19
-0.41	0.34
-0.41	0.32
-0.43	0.37
-0.32	0.34
	0.41
	0.21
	0.32
	0.19
	0.24
	0.32
	0.37
	0.39
	0.21
	0.42
	0.39
	0.29
	0.44

Fuente: Mediciones realizadas.

Análisis Estadístico de los valores registrados.

Moda: Es el valor de divergencia o convergencia que se presenta con más frecuencia en los registros de alineamiento.

Mediana: Valor medio de los datos registrados cuando un los datos de convergencia y divergencia se ordena de menor a mayor.

Desviación Estándar: Medida de dispersión más frecuente, que indica qué tan dispersos están los datos de divergencia y convergencia con respecto a la media.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}$$

Donde N es el tamaño de la población y μ es la media aritmética de la población.

Varianza: Media aritmética del cuadrado de la desviación en proporción a la media de una distribución estadística

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N}$$

Reemplazando datos registrados, obtenemos el análisis estadístico, y se visualiza en la tabla 9

Tabla 8: Análisis estadístico de la Divergencia – Convergencia.

	Divergencia (mm)	Convergencia (mm)
Moda	-0.32	0.45
Mediana	-0.39	0.37
Desviación estándar	0.118	0.104
Varianza	0.014	0.010

Fuente: Autoría Propia.

El valor de 0.40 mm, que es el valor máximo recomendado de Divergencia y Convergencia, es superado en los registros de mediciones, teniendo en el caso de la Divergencia, los valores que más se repiten son es -0.32mm y con valores medios (mediana) de -0.39mm, valores muy cerca al máximo recomendado; con 0.118mm de dispersión de datos. De manera análoga, se tiene que para la Convergencia, el valor que más se repite es de 0.45 mm, que está por encima de los recomendado, con valores medios en 0.37 mm (mediana), y con un 0.104mm de dispersión de datos.

3.1.4 Ángulo de Caída (Camber).

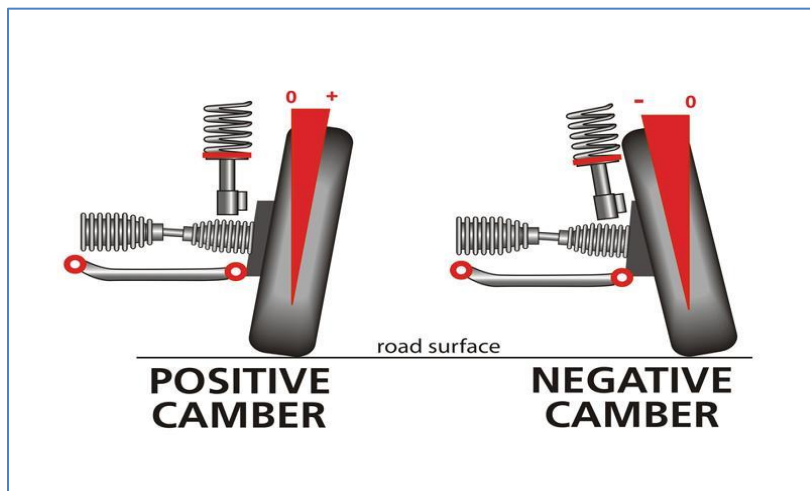


Figura 9: Ángulo de Caída

Fuente: Guevara, 2017

El ángulo de Caída, también conocido como Camber, es la medida entre el eje vertical con el eje de inclinación de la rueda, tal como se muestra en la figura 9.

Se tiene información del alineamiento de los neumáticos, que se realiza a los vehículos en los mantenimientos programados. En la tabla 10, se pueden visualizar los valores registrados de las unidades analizadas.

Tabla 9: Valores de ángulo de Caída (Grados), medidos en cada periodo de mantenimiento.

Vehículo Registrado	Angulo de Caída (Grados), medidos en cada periodo de mantenimiento					
	5000 km	10000 Km	15000 Km	20000 Km	25000 Km	30000 Km
Vehículo 1	0.43	-0.32	0.56	-0.61	0.34	-0.71
Vehículo 2	0.64	-0.31	-0.3	-0.59	-0.51	0.39
Vehículo 3	-0.24	-0.66	-0.42	-0.43	-0.32	-0.45
Vehículo 4	-0.45	0.64	-0.39	-0.29	-0.31	-0.73
Vehículo 5	-0.39	0.28	0.41	-0.41	0.71	-0.31
Vehículo 6	-0.19	-0.45	0.67	-0.69	-0.23	0.32
Vehículo 7	-0.39	0.45	0.38	0.45	-0.76	-0.54
Vehículo 8	0.69	-0.31	-0.43	0.28	-0.38	0.65
Vehículo 9	0.29	0.32	-0.41	-0.43	0.22	0.29
Vehículo 10	-0.21	0.32	-0.31	0.49	0.38	-0.39

Fuente: Mediciones realizadas

De la tabla 10, se tiene información de los valores de del ángulo de Caída Siendo positivo si la inclinación de la rueda ocurre hacia adentro del vehículo, y negativo si ocurre hacia afuera del vehículo. De los 10 registros de valores del alineamiento, muestran el ángulo de Caída, los valores superan los 0.55° , que es el valor máximo determinado por el fabricante para ésta marca y modelo de vehículo.

Agrupando los valores del ángulo de Caída, positivo y negativo, se tiene:

Tabla 10: Registro de Medición de Caída (Camber).

Camber Positivo (Grados)	Camber Negativo (Grados)		
0.43	-0.32	0.32	-0.73
0.56	-0.61	0.22	-0.39
0.34	-0.71	0.29	-0.41
0.64	-0.31	0.32	-0.31
0.64	-0.3	0.49	-0.19
0.28	-0.59	0.38	-0.45
0.41	-0.51	0.39	-0.69
0.71	-0.24		-0.23
0.67	-0.66		-0.39
0.32	-0.42		-0.76
0.45	-0.43		-0.54
0.38	-0.32		-0.31
0.45	-0.45		-0.43
0.69	-0.45		-0.38
0.28	-0.39		-0.41
0.65	-0.29		-0.43
0.29	-0.31		-0.21
			-0.31
			-0.39

Fuente: Registro de datos Concesionario Suzuki.

Análisis Estadístico de los valores registrados.

Moda: Es el valor del ángulo de caída, que se presenta con más frecuencia en los registros de alineamiento.

Mediana: Valor medio de los datos registrados cuando los datos del ángulo de caída, se ordena de menor a mayor.

Desviación Estándar: medida de separación más frecuente, que indica qué tan dispersos están los datos del ángulo de caída con respecto a la media.

Varianza: es la media aritmética del cuadrado de las desviaciones respecto a la media de una distribución estadística

Reemplazando los datos registrados, se tiene los resultados del análisis estadístico, y se observa en la tabla 12.

Tabla 11: Análisis estadístico de Caída (Camber).

	Camber Positivo (Grados)	Camber Negativo (Grados)
Moda	0.32	-0.31
Mediana	0.4	-0.4
Desviación estándar	0.153	0.151
Varianza	0.023	0.023

Fuente: Autoría Propia.

El valor de 0.55° , que es el valor máximo recomendado del ángulo de Caída, es superado en los registros de mediciones, teniendo en el caso del ángulo de Caída positivo, los valores que más se repiten son es -0.32° y con valores medios (mediana) de -0.40° , valores muy cerca al máximo recomendado; con 0.153mm de dispersión de datos. De manera análoga, se tiene que el ángulo de caída negativo, el valor que más se repite es de 0.31° , con valores medios en -0.4° (mediana), y con un 0.151mm de dispersión de datos.

3.1.5 Ángulos de Avance. (Caster)

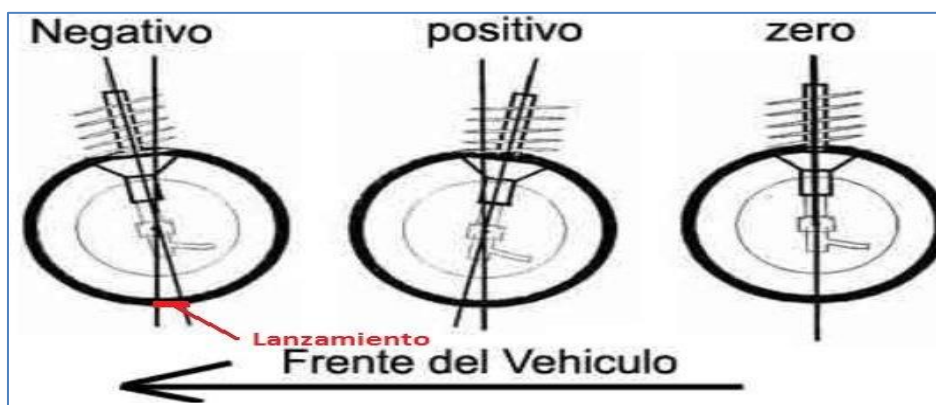


Figura 10: Ángulos de Avance

Fuente: Autoría Propia.

El ángulo de avance, también conocido como Caster, es la medida entre el eje vertical con el eje de inclinación de la rueda vista lateralmente, tal como se muestra en la figura 10

Se tiene información del alineamiento de los neumáticos, que se realiza a los vehículos en los mantenimientos programados. En la tabla 13, se observa los valores registrados de las unidades analizadas.

Tabla 12: Valores de ángulo de Avance (Grados), medidos en cada periodo de mantenimiento

Vehículo Registrado	Valores de ángulo de Avance (Grados), medidos en cada periodo de mantenimiento					
	5000 km	10000 Km	15000 Km	20000 Km	25000 Km	30000 Km
Vehículo 1	-3.8	4.6	5.2	-4.9	4.6	-5.9
Vehículo 2	4.9	-5.7	-5.1	5.6	5.3	-5.6
Vehículo 3	5.3	5.6	4.6	3.5	6.4	-5.4
Vehículo 4	2.5	4.3	-4.6	-4.9	5.3	4.9
Vehículo 5	4.9	3.4	-4.3	-5.3	-5.9	5.1
Vehículo 6	-5.6	4.9	4.5	-5.6	-5.9	4.2
Vehículo 7	-5.9	5.3	4.9	6.3	5.3	5.9
Vehículo 8	4.8	6.2	4.7	4.2	5.3	-5.1
Vehículo 9	6.1	-5.3	5.2	-6.1	-6.6	6.2
Vehículo 10	5.6	-5.6	-5.6	6.2	-5.9	-6.4

Fuente: Mediciones realizadas.

De la tabla 13, se tiene información de los valores de del ángulo de Avance. Siendo positivo si la inclinación de la rueda ocurre hacia atrás del vehículo, y negativo si ocurre hacia adelante del vehículo. De los 10 registros de valores del alineamiento, muestran el ángulo de Caída, los valores superan los 4.4°, que es el valor máximo determinado por el fabricante para ésta marca y modelo de vehículo.

Agrupando los valores del ángulo de Avance, positivo y negativo, se tiene:

Tabla 13: Caster positivo - negativo

Caster Positivo (Grados)	Caster Negativo (Grados)		
4.6	-3.8	4.9	-6.1
5.2	-4.9	4.5	-6.6
4.6	-5.9	4.2	-5.6
4.9	-5.7	5.3	-5.6
5.6	-5.1	4.9	-5.9
5.3	-5.6	6.3	-6.4
5.3	-5.4	5.3	
5.6	-4.6	5.9	
4.6	-4.9	4.8	
3.5	-4.3	6.2	
6.4	-5.3	4.7	
2.5	-5.9	4.2	
4.3	-5.6	5.3	
5.3	-5.6	6.1	
4.9	-5.9	6.2	
4.9	-5.9	5.6	
3.4	-5.1	6.2	
5.1	-5.3	5.2	

Fuente: Registro de Mediciones Empresa Concesionaria Suzuki

Análisis Estadístico de los valores registrados.

Moda: Es el valor del ángulo de Avance, que se presenta con más frecuencia en los registros de alineamiento.

Mediana: Valor medio de los datos registrados cuando los datos del ángulo de Avance, se ordena de menor a mayor.

Desviación Estándar: es la medida de separación más común, que indica qué tan dispersos están los datos del ángulo de Avance con respecto a la media.

Varianza: Media aritmética del cuadrado de las desviaciones respecto a la media de una distribución estadística.

Reemplazando los datos registrados, se tiene los resultados del análisis estadístico, y se describe en la tabla 14.

Tabla 14: Análisis estadístico del Avance (Caster)

	Caster Positivo (Grados)	Caster Negativo (Grados)
Moda	5.3	-5.9
Mediana	5.2	-5.6
Desviación estándar	0.851	0.643
Varianza	0.724	0.413

Fuente: Autoría Propia.

El valor de 4.4° , que es el valor máximo recomendado del ángulo de Avance, es superado en los registros de mediciones, teniendo en el caso del ángulo de Avance positivo, los valores que más se repiten son 5.3° y con valores medios (mediana) de 5.2° , valores por encima al máximo recomendado; con 0.851 mm de dispersión de datos. De manera análoga, se tiene que el ángulo de Avance negativo, el valor que más se repite es de -5.9° , con valores medios en -5.6° (mediana), y con un 0.643mm de dispersión de datos.

3.2 Medir los consumos de combustible del vehículo, en función a la variación de los ángulos de incidencia, de acuerdo a un protocolo de pruebas frecuente determinado.

3.2.1 Condiciones de uso y características de los vehículos en la zona de influencia

a) Las mediciones se realizaron en la ciudad de Chiclayo (ciudad centro).

b) Los vehículos de prueba tienen las siguientes características.

- Suzuki alto Año de fabricación 2011
- Versión 4x2
- Numero de ejes 2
- Cantidad de cilindros 3
- Cilindrada 1.000

3.2.2 Protocolo de Medición.

Se realizó el siguiente procedimiento para la medición de los consumos de combustible:

- a) Número de vehículos de prueba: 2 Suzuki K10.
- b) Regulación de los ángulos de incidencia hasta el valor que estipula el fabricante.
- c) Medición de los ángulos de incidencia, luego del recorrido en un periodo de siete días.
- d) Medición de los Kilómetros recorridos en el periodo de siete días.
- e) Medición del consumo de combustible.

3.2.3 Mediciones Realizadas.

Mediciones de Divergencia - Convergencia

Se realizó las mediciones de los valores de consumo de combustible, al variar el valor del ángulo de la Convergencia – Divergencia, desde un valor de 0.1 mm hasta 1.0 mm, manteniendo en cero los ángulos de caída y de avance.

Tabla 15: Medición de Convergencia- Divergencia (Prueba n°1)

Vehículo de Prueba 1.			
Convergencia /Divergencia (mm)	Km Recorridos	Consumo de Combustible Galones	Consumo específico de combustible (Km/Galón)
0.1	1420	34.6	41.04
0.2	1390	33.96	40.93
0.3	1480	36.2	40.88
0.4	1380	34.4	40.12
0.5	1380	34.6	39.88
0.6	1410	35.6	39.61
0.7	1400	35.4	39.55
0.8	1530	38.9	39.33
0.9	1400	35.8	39.11
1	1510	38.7	39.02

Fuente: Mediciones realizadas

En las mediciones realizadas en el vehículo de prueba 1, la Convergencia Divergencia, se puede apreciar en la tabla 16, que para una variación desde 0,1 hasta 1.0 mm de Convergencia- Divergencia, el valor del consumo específico de combustible varía desde 41.04 hasta 39.02 Km/galón, es decir que 2.02 Km se recorren menos al variar el valor de éste ángulo de incidencia.

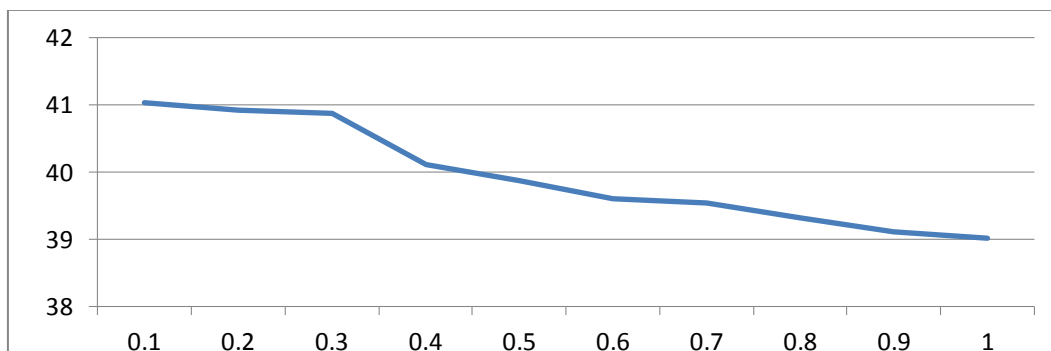


Figura 11: Variación del consumo específico de combustible (Km/Galón) – Divergencia- Convergencia (mm) (Prueba n°1)

Fuente: Mediciones realizadas.

Tabla 16: Medición de Convergencia Divergencia (Prueba n°2)

Vehículo de Prueba 2			
Convergencia /Divergencia (mm)	Km Recorridos	Consumo de Combustible Galones	Consumo específico de combustible (Km/Galón)
0.1	1520	35.6	42.7
0.2	1530	35.9	42.62
0.3	1670	39.5	42.28
0.4	1510	35.9	42.06
0.5	1480	35.9	41.23
0.6	1410	34.3	41.11
0.7	1390	34.4	40.41
0.8	1380	34.3	40.23
0.9	1360	34.2	39.77
1	1410	35.6	39.61

Fuente: Mediciones realizadas

En las mediciones realizadas en el vehículo de prueba 2, la Convergencia- Divergencia, se puede apreciar en la tabla 17, que para una variación desde 0,1 hasta 1.0 mm de Convergencia- Divergencia, el valor del consumo específico de combustible varía desde 42.7 hasta 39.61 Km/galón, es decir que 2.1 Km se recorren menos al variar el valor de éste ángulo de incidencia.

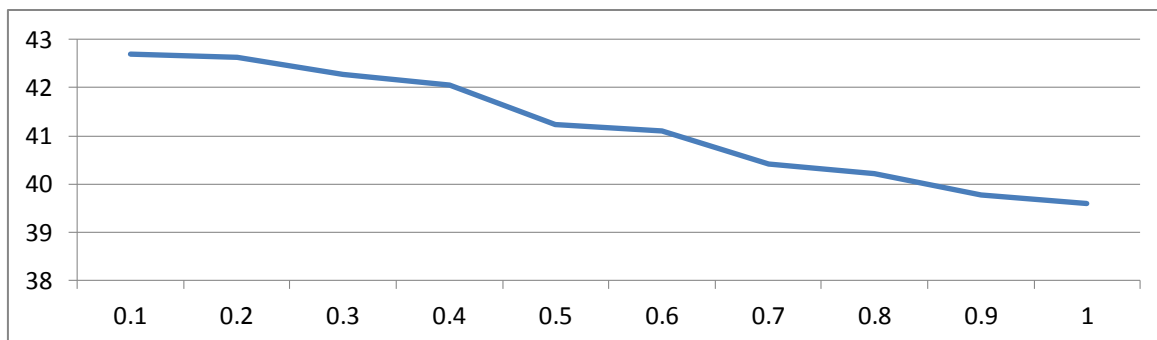


Figura 12: Variación del consumo específico de combustible (Km/Galón) – Divergencia Convergencia (mm) (Prueba n°2)

Fuente: Mediciones realizadas.

Mediciones de ángulo de caída – Consumo de Combustible

Se realizó las mediciones de los valores de consumo de combustible, al variar el valor del ángulo de Caída, desde un valor de 0.4° hasta 1°, manteniendo en cero los ángulos de Convergencia- Divergencia y de Caída.

Tabla 17: Medición del ángulo de caída (grados) (prueba n°1)

Vehículo de Prueba 1.			
Angulo de Caída (Grados)	Km Recorridos	Consumo de Combustible Galones	Consumo específico de combustible (Km/Galón)
0.4	1420	34.8	40.80
0.45	1390	34.1	40.74
0.5	1480	36.4	40.66
0.55	1380	34.7	39.77
0.6	1380	34.9	39.54
0.65	1410	35.9	39.28
0.7	1400	35.7	39.22
0.75	1530	39.2	39.03
0.8	1385	35.6	38.90
0.85	1520	39.1	38.87
0.9	1510	39.0	38.72
0.95	1365	35.3	38.67
1	1450	37.6	38.56

Fuente: Mediciones realizadas

En las mediciones realizadas en el vehículo de prueba 1, el ángulo de Caída, se puede apreciar en la tabla 18, que para una variación desde 0,4 hasta 1.0 grado sexagesimal, el

valor del consumo específico de combustible varía desde 40.80 hasta 38.56 Km/galón, es decir que 2.24 Km se recorren menos al variar el valor de éste ángulo de incidencia.

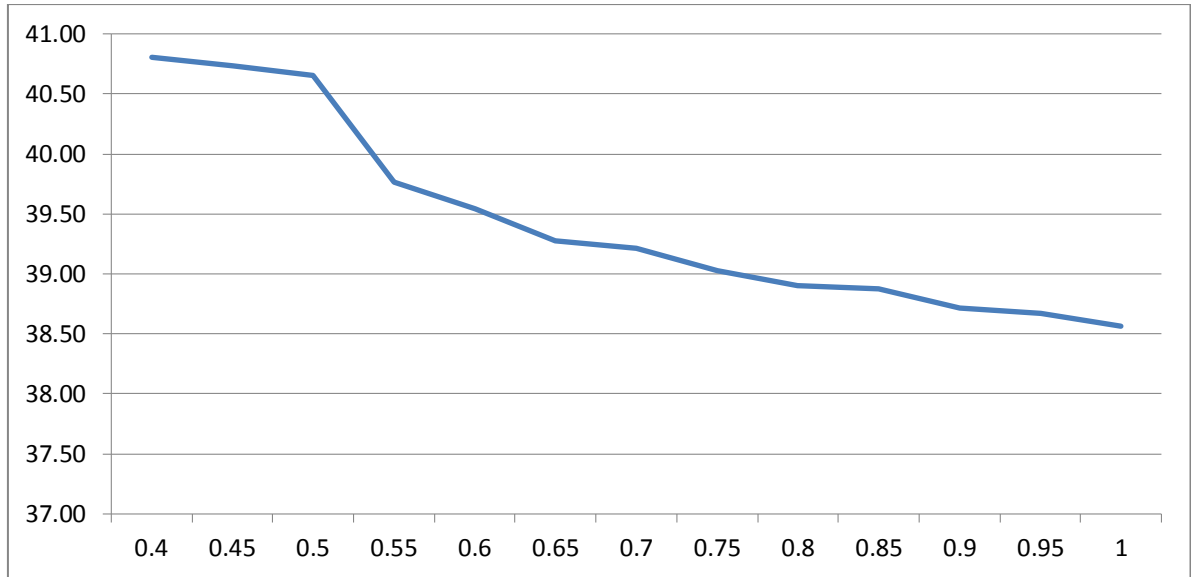


Figura 13: Variación del consumo específico de combustible (Km/Galón) – Ángulo de Caída (Grados) (prueba n°1)

Fuente: Mediciones realizadas.

Tabla 18: Medición del ángulo de caída (grados) (Prueba n°2)

Vehículo de Prueba 2			
Angulo de Caída (Grados)	Km Recorridos	Consumo de Combustible Galones	Consumo específico de combustible (Km/Galón)
0.4	1520	37.0	41.1
0.45	1530	37.4	40.9
0.5	1670	40.9	40.85
0.55	1510	37.0	40.78
0.6	1480	36.4	40.65
0.65	1410	34.9	40.43
0.7	1390	34.5	40.34
0.75	1380	34.3	40.23
0.8	1360	33.8	40.19
0.85	1410	35.2	40.11
0.9	1560	39.0	40.03
0.95	1430	35.8	39.93
1	1480	37.3	39.73

Fuente: Mediciones realizadas.

En las mediciones realizadas en el vehículo de prueba 2, el ángulo de Caída, se puede apreciar en la tabla 19, que para una variación desde 0,4 hasta 1.0 grado sexagesimal, el valor del consumo específico de combustible varía desde 41.10 hasta 39.73 Km/galón, es decir que 1.37 Km se recorren menos al variar el valor de éste ángulo de incidencia.

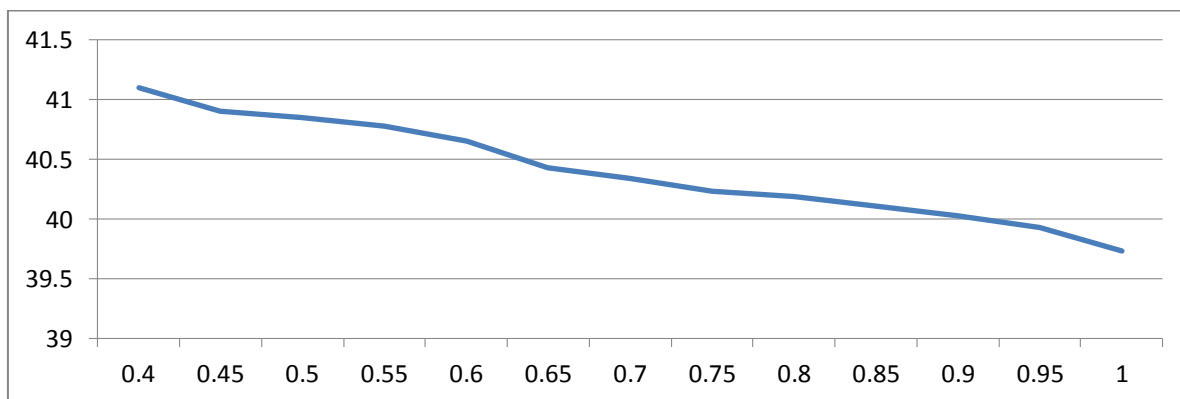


Figura 14: Variación del consumo específico de combustible (Km/Galón) – Ángulo de Caída (Grados)
(Prueba n°2)

Fuente: Mediciones realizadas.

Mediciones de ángulo de avance – Consumo de Combustible

Se realizó las mediciones de los valores de consumo de combustible, al variar el valor del ángulo de Avance, desde un valor de 0.4° hasta 1°, manteniendo en cero los ángulos de Convergencia- Divergencia y de Avance.

Tabla 19: Medición del ángulo de Avance (grados) (Prueba n°1)

Vehículo de Prueba 1			
ángulo de Avance	Km Recorridos	Consumo de Combustible Galones	Consumo específico de combustible (Km/Galón)
1.0	1520	37.2	40.90
1.5	1430	35.1	40.75
2.0	1510	37.2	40.63
2.5	1420	35.0	40.56
3.0	1430	35.3	40.51
3.5	1440	35.6	40.43
4.0	1420	35.2	40.33
4.5	1340	33.3	40.27
5.0	1410	35.1	40.18
5.5	1340	33.5	40.03

Fuente: Mediciones realizadas.

En las mediciones realizadas en el vehículo de prueba 1, el ángulo de avance, se puede apreciar en la tabla 20, que para una variación desde 1.0 hasta 5.5 grados sexagesimales, el valor del consumo específico de combustible varía desde 40.90 hasta 40.03 Km/galón, es decir que 0.87 Km se recorren menos al variar el valor de éste ángulo de incidencia

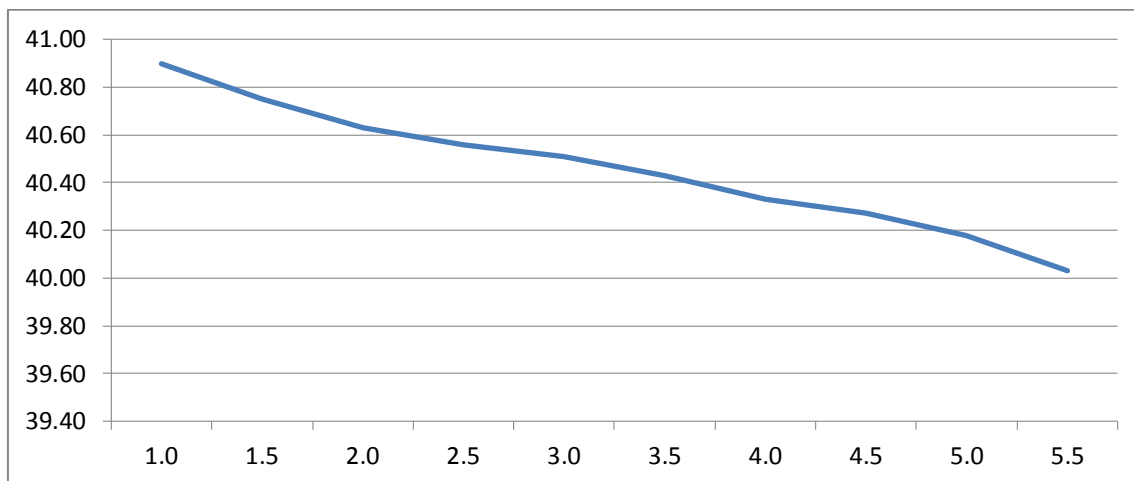


Figura 15: Variación del consumo específico de combustible (Km/Galón) – Ángulo de Avance (Grados) (Prueba n°1).

Fuente: Mediciones realizadas.

Tabla 20: Medición del ángulo de Avance (grados) (Prueba n°2)

Vehículo de Prueba 2			
ángulo de Avance	Km Recorridos	Consumo de Combustible Galones	Consumo específico de combustible (Km/Galón)
1.0	1520	37.0	41.12
1.5	1430	34.8	41.05
2.0	1510	36.9	40.93
2.5	1420	34.7	40.88
3.0	1430	35.0	40.81
3.5	1440	35.4	40.73
4.0	1420	34.9	40.65
4.5	1340	33.0	40.61
5.0	1410	34.8	40.51
5.5	1340	33.2	40.41

Fuente: Mediciones realizadas.

En las mediciones realizadas en el vehículo de prueba 2, el ángulo de Avance, se puede apreciar en la tabla 21, que para una variación desde 1.0 hasta 5.5 grados sexagesimales, el valor del consumo específico de combustible varía desde 41.12 hasta 40.41 Km/galón, es decir que 0.71 Km se recorren menos al variar el valor de éste ángulo de incidencia

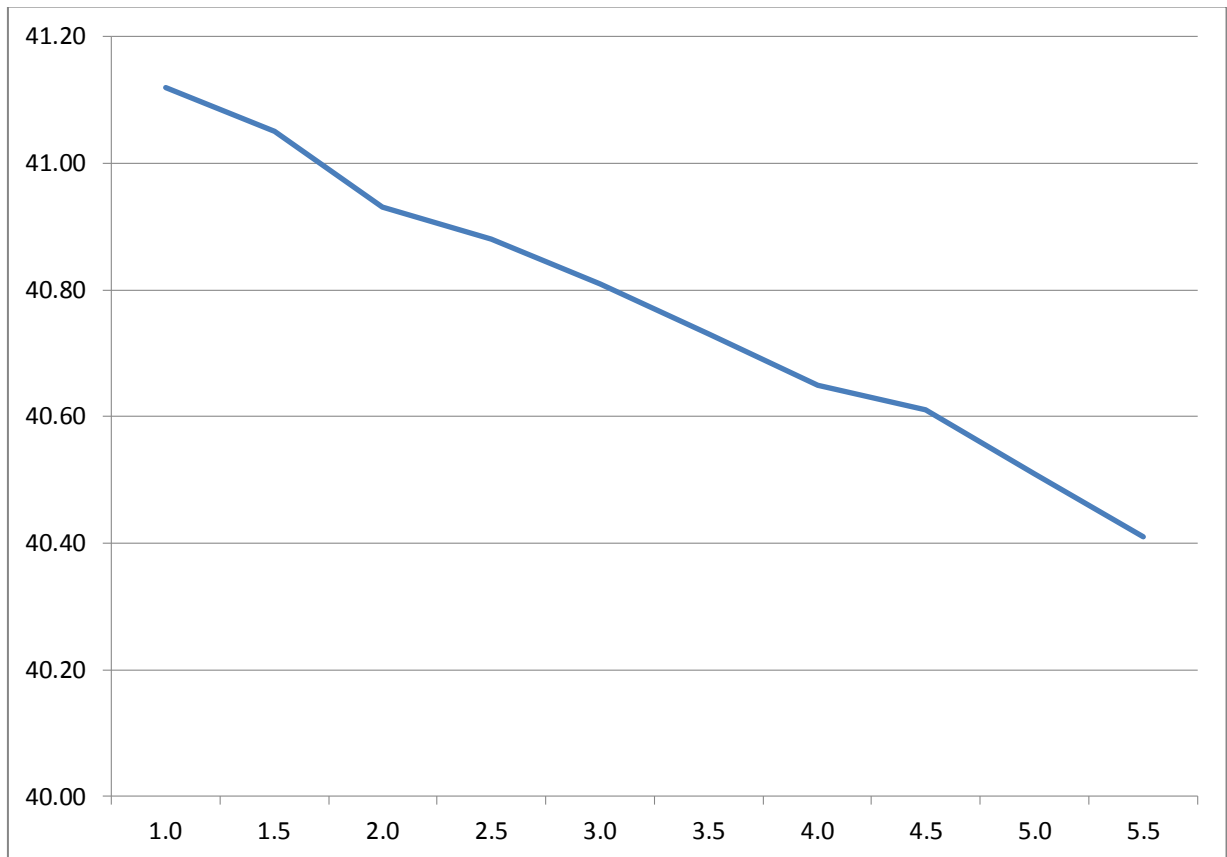


Figura 16: Variación del consumo específico de combustible (Km/Galón) – Ángulo de Avance (Grados)
(Prueba n°2).

Fuente: Mediciones realizadas.

3.3 Determinar la relación numérica entre los valores de los ángulos de incidencia, y el consumo de combustible.

3.3.1 Modelación numérica entre el consumo de combustible y Divergencia – Convergencia.

En las mediciones realizadas en el ítem 3.2 se observa que existe en el consumo específico de combustible una disminución (Km/Galón), al incrementar los valores de Divergencia –Convergencia. Mediante el modelo de regresión lineal, se modela numéricamente la relación entre éstas dos variables.

$$Y = aX + b$$

Dónde:

Y: Consumo específico de combustible

X: Convergencia –Divergencia.

La determinación de los parámetros a y b, se determinan por medio de métodos de mínimos cuadrados.

En la tabla 22, se muestra el desarrollo y la obtención de dichas constantes.

Tabla 21: Cálculo de constantes de linealidad Convergencia-Divergencia (Prueba n°1)

Vehículo de Prueba 1.			
X Convergencia /Divergencia (mm)	Y Consumo específico de combustible (Km/Galón)	XY	X2
0.1	41.04	4.104	0.01
0.2	40.93	8.186	0.04
0.3	40.88	12.264	0.09
0.4	40.12	16.048	0.16
0.5	39.88	19.94	0.25
0.6	39.61	23.766	0.36
0.7	39.55	27.685	0.49
0.8	39.33	31.464	0.64
0.9	39.11	35.199	0.81
1	39.02	39.02	1
Suma	5.5	399.47	217.676

Fuente: Autoría Propia.

Los valores de a y b, se determinan con la expresión:

$$a = \frac{n \cdot \sum(X \cdot Y) - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

$$a = \frac{10 \cdot 217.67 - 5.5 \cdot 399.47}{10 \cdot 3.85 - 5.5 \cdot 5.5} = -2.47$$

$$b = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \cdot \sum(X \cdot Y)}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

$$b = \frac{399.47 \cdot 3.85 - 5.5 \cdot 217.67}{10 \cdot 3.85 - 5.5 \cdot 5.5} = 41.30$$

Es decir que la relación lineal entre el consumo específico de combustible y el valor de la Divergencia – Convergencia es:

$$Y = -2.47X + 41.3$$

Por cada valor de incremento del valor de la Divergencia – Convergencia, el consumo específico de combustible disminuye 2.47 veces dicho valor.

Análogamente se realiza el análisis para el vehículo de prueba 2, obteniendo lo siguiente

Tabla 22: Cálculo de constantes de linealidad Convergencia-Divergencia (Pruebanº2).

Vehículo de Prueba 2			
X Convergencia /Divergencia (mm)	Y Consumo específico de combustible (Km/Galón)	XY	X2
0.1	42.7	4.27	0.01
0.2	42.62	8.524	0.04
0.3	42.28	12.684	0.09
0.4	42.06	16.824	0.16
0.5	41.23	20.615	0.25
0.6	41.11	24.666	0.36
0.7	40.41	28.287	0.49
0.8	40.23	32.184	0.64
0.9	39.77	35.793	0.81
1	39.61	39.61	1
Suma	5.5	412.02	223.457

$$a = -3.82$$

$$b = 43.3$$

Fuente: Autoría Propia.

$$Y = -3.82 X + 43.3$$

3.3.2 Modelación Numérica entre el consumo de combustible y el Ángulo de Caída.

En las mediciones realizadas en el ítem 3.2 se observa que existe una baja con respecto al consumo específico de combustible (Km/Galón), al incrementar los valores del ángulo de Caída. Mediante el modelo de regresión lineal, se modela numéricamente la relación entre éstas dos variables.

$$Y = aX + b$$

Dónde:

Y: Consumo específico de combustible

X: Angulo de Caída.

Determinación de los parámetros a y b, se determinan por medio de los mínimos cuadrados. En la tabla 24, se muestra el desarrollo y la obtención de dichas constantes.

Tabla 23: Cálculo de constantes de linealidad Ángulo de Caída (Prueba n° 1)

Vehículo de Prueba 1.			
X Angulo de Caída (Grados)	Y Consumo específico de combustible (Km/Galón)	XY	X2
0.4	40.80	16.32	0.2
0.45	40.74	18.33	0.2
0.5	40.66	20.33	0.3
0.55	39.77	21.87	0.3
0.6	39.54	23.72	0.4
0.65	39.28	25.53	0.4
0.7	39.22	27.45	0.5
0.75	39.03	29.27	0.6
0.8	38.90	31.12	0.6
0.85	38.87	33.04	0.7
0.9	38.72	34.85	0.8
0.95	38.67	36.74	0.9
1	38.56	38.56	1.0
Suma	9.1	512.8	357.1

$$a = -3.93$$

$$b = 41.3$$

Fuente: Autoría Propia

$$Y = -3.93 X + 41.3$$

Por cada valor de incremento del valor del ángulo de caída, el consumo específico de combustible disminuye 3.93 veces dicho valor.

Análogamente se realiza el análisis para el vehículo de prueba 2, obteniendo el siguiente resultado.

Tabla 24: Cálculo de constantes de linealidad Ángulo de Caída (Prueba n°2)

Vehículo de Prueba 2			
Angulo de Caída (Grados)	Consumo específico de combustible (Km/Galón)	XY	X2
0.4	41.1	16.44	0.2
0.45	40.9	18.41	0.2
0.5	40.85	20.43	0.3
0.55	40.78	22.43	0.3
0.6	40.65	24.39	0.4
0.65	40.43	26.28	0.4
0.7	40.34	28.24	0.5
0.75	40.23	30.17	0.6
0.8	40.19	32.15	0.6
0.85	40.11	34.09	0.7
0.9	40.03	36.03	0.8
0.95	39.93	37.93	0.9
1	39.73	39.73	1.0
Suma	9.1	525.3	366.7

$$a = -2.14$$

$$b = 41.9$$

Fuente: Autoría propia.

$$Y = -2.14 X + 41.9$$

3.3.3 Modelación Numérica entre el consumo de combustible y el ángulo de Avance

En las mediciones realizadas en el ítem 3.2 se observa que existe una variación en el consumo específico de combustible (Km/Galón), al incrementar los valores del ángulo de Avance. Mediante el modelo de regresión lineal, se modela numéricamente la relación entre éstas dos variables.

$$Y = aX + b$$

Dónde:

Y: Consumo específico de combustible

X: Angulo de Avance

La obtención de los parámetros a y b, se determina por medio de mínimos cuadrados.

En la tabla 26, se muestra el desarrollo y la obtención de dichas constantes.

Tabla 25: Cálculo de constantes de linealidad Ángulo de Avance (Prueba n°1)

Vehículo de Prueba 1			
X ángulo de Avance	Y Consumo específico de combustible (Km/Galón)	XY	X ²
1.0	40.90	40.90	1.00
1.5	40.75	61.13	2.25
2.0	40.63	81.26	4.00
2.5	40.56	101.40	6.25
3.0	40.51	121.53	9.00
3.5	40.43	141.51	12.25
4.0	40.33	161.32	16.00
4.5	40.27	181.22	20.25
5.0	40.18	200.90	25.00
5.5	40.03	220.17	30.25
Suma	32.5	404.6	1311.3

$$a = -0.17$$

$$b = 41.02$$

Fuente: Autoría Propia

$$Y = -0.17 X + 41.02$$

Por cada valor de incremento del valor del ángulo de Avance, el consumo específico de combustible disminuye 0.17 veces dicho valor.

Análogamente se realiza el análisis para el vehículo de prueba 2, obteniendo el siguiente resultado.

Tabla 26: Cálculo de constantes de linealidad Ángulo de Avance (Prueba n°2)

Vehículo de Prueba 2			
X ángulo de Avance	Y Consumo específico de combustible (Km/Galón)	XY	X ²
1.0	41.12	41.12	1.00
1.5	41.05	61.58	2.25
2.0	40.93	81.86	4.00
2.5	40.88	102.20	6.25
3.0	40.81	122.43	9.00
3.5	40.73	142.56	12.25
4.0	40.65	162.60	16.00
4.5	40.61	182.75	20.25
5.0	40.51	202.55	25.00
5.5	40.41	222.26	30.25
Suma	32.5	407.7	1321.9

$$a = -0.152$$

$$b = 41.26$$

Fuente: Autoría Propia

$$Y = -0.152 X + 41.26$$

En conclusión, se tiene los modelos numéricos para los dos vehículos de pruebas, para los tres ángulos de incidencia del sistema de dirección.

Tabla 27. Modelos numéricos entre consumo específico de combustible y ángulos de incidencia.

Tabla 27: Consumo específico de combustible

Ángulo de Incidencia	Consumo Específico de Combustible(Y) - Ángulo de Incidencia (X)	
	Vehículo de prueba 1	Vehículo de prueba 2
Divergencia Convergencia	$Y = -2.47X + 41.3$	$Y = -3.82 X + 43.3$
ángulo de Caída	$Y = -3.93 X + 41.3$	$Y = -2.14 X + 41.9$
ángulo de avance	$Y = -0.17 X + 41.02$	$Y = -0.152 X + 41.26$

Fuente: Autoría Propia.

Interpretación.

Divergencia Convergencia – Consumo de Combustible

Las ecuaciones $Y = -2.47X + 41.3$ para el vehículo de prueba 1, $Y = -3.82 X + 43.3$ para el vehículo de prueba 2, determina la relación entre el consumo de combustible (Y), y el ángulo de Divergencia y/o Convergencia. Para los dos vehículos de prueba, el consumo específico de combustible (Km/Galón), decrece con una pendiente de 2.47 y de 3.82 veces el valor del incremento del ángulo de Divergencia y/o Convergencia; teniendo a los valores 41.3 y 43.3 km/galón, como valores iniciales de consumo específico de combustible, al tener el ángulo en posición cero. Se muestra de manera teórica la linealización de la variación del consumo específico (Y) en función al incremento del ángulo de Convergencia. (X).

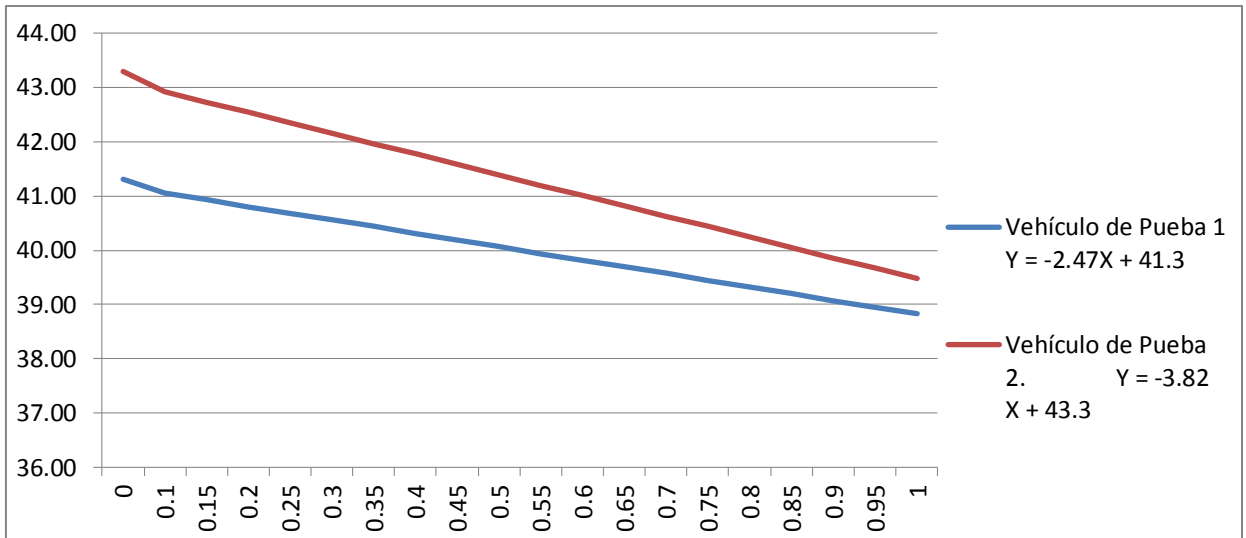


Figura 17: Relación Numérica Divergencia Convergencia – Consumo de combustible.

Fuente: Autoría Propia.

Ángulo de Caída- Consumo de Combustible

Las ecuaciones $Y = -3.93 X + 41.3$ para el vehículo de prueba 1, $Y = -2.14 X + 41.9$ para el vehículo de prueba 2, determina la relación entre el consumo de combustible (Y), y el ángulo de Caída (X). Para los dos vehículos de prueba, el consumo específico de combustible (Km/Galón), decrece con una pendiente de 3.93 y de 2.14 veces el valor del incremento del ángulo de Caída; teniendo a los valores 41.3 y 41.9 km/galón, como valores iniciales de consumo específico de combustible, al tener el ángulo en posición cero. Se muestra de manera teórica la linealización de la variación del consumo específico (Y) en función al incremento del ángulo de Caída (X).

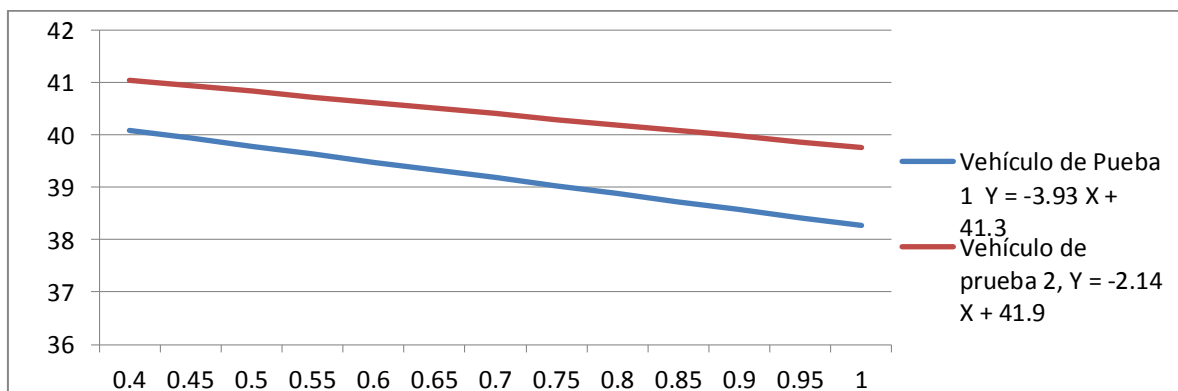


Figura 18: Relación Numérica ángulo de Caída – Consumo de combustible.

Fuente: Autoría Propia

Angulo de Avance- Consumo de Combustible

Las ecuaciones $Y = -0.17 X + 41.02$ para el vehículo de prueba 1, $Y = -0.152 X + 41.26$ para el vehículo de prueba 2, determina la relación entre el consumo de combustible (Y), y el ángulo de Avance (X). Para los dos vehículos de prueba, el consumo específico de combustible (Km/Galón), decrece con una pendiente de 0.17 y de 0.152 veces el valor del incremento del ángulo de avance; teniendo a los valores 41.02 y 41.26 km/galón, como valores iniciales de consumo específico de combustible, al tener el ángulo en posición cero. Se muestra de manera teórica la linealización de la variación del consumo específico (Y) en función al incremento del ángulo de Avance (X).

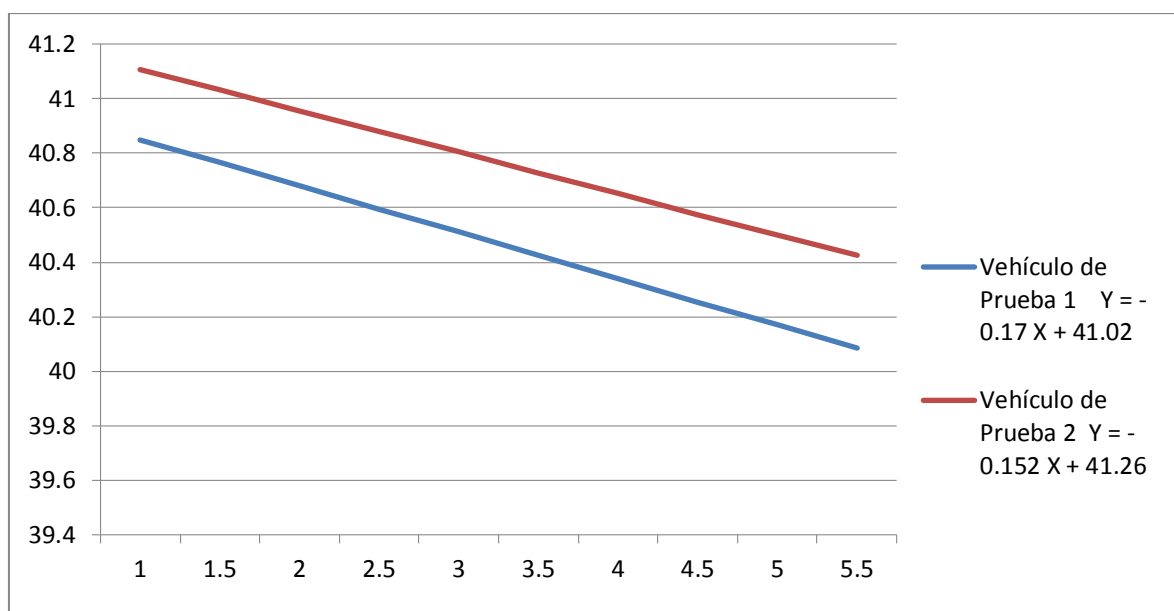


Figura 19: Relación Numérica ángulo de avance – Consumo de combustible.

Fuente: Autoría Propia

3.4 Proponer procedimientos de diagnóstico y mantenimiento que permitan mantener los valores de los ángulos dentro de un rango apropiado para garantizar el ahorro de combustible.

3.4.1 Procedimientos de diagnóstico y mantenimiento

En los vehículos tomados como prueba en este estudio y habiendo realizado las pruebas y tomado las muestras mediante un protocolo de pruebas, se puede proponer los siguientes procedimientos de diagnóstico y mantenimiento que nos permitirán mantener los ángulos de incidencia dentro de un rango apropiado y así garantizar el ahorro de combustible asimismo aumentar el uso de los neumáticos.

La ciudad de Chiclayo además de ser un lugar con gran afluencia vehicular, tiene vías vehiculares deterioradas, afectando a los transportistas, en este sentido mi propuesta está dirigida a determinar la relación que existe entre el mal estado de las vías y su reducción de la vida útil de los sistemas de dirección, suspensión y sistema de alimentación que afecta en el consumo de combustible, es por ello que se propone ajustar los planes de mantenimiento tomando en cuenta todo los aspectos perjudiciales que provocan el desajuste en los diferentes sistemas del vehículo.

Los usuarios no realizan un alineamiento y balanceo de los neumáticos de las unidades vehiculares como un plan de prevención sino que solo lo hacen cuando la unidad pasa por la inspección técnica vehicular cada seis meses o un año según sea el caso. Se propone realizar estas tareas como un plan de mantenimiento por kilometraje (10-15 mil km.) según sea el caso al mismo tiempo realizar una inspección visual constante del estado de los neumáticos, cuando hay un desgaste irregular en ellas, son la primera muestra de que los angulos de incidencia están desajustados.

IV. DISCUSIÓN.

Los vehículos de acuerdo estructura de fabricación van a depender su variación de sus componentes con el clima ,desniveles obstáculos, y como consecuencia directa el incremento de emanaciones de Dióxido de Carbono, el cual es un químico característico de la combustión, proporcional al flujo másico de gasolina que se empleó en la generación de energía calorífica en el motor.

El sistema de dirección en el vehículo, describe el movimiento del vehículo a diferentes grados de libertad, un recorrido rectilíneo y curvilíneo. En el movimiento rectilíneo debe garantizarse que la orden generada por el conductor en el volante, no tenga desviaciones debido al desajuste de las ruedas. En un movimiento curvilíneo, el ángulo de giro que el conductor requiere realizar en el vehículo, debe ser el solicitado, a fin de que la conducción sea la adecuada.

El consumo de combustible en Km/galón, aumenta a medida que el ajuste de las ruedas varíe en todos los ejes del vehículo, el eje longitudinal, transversal y superior, los cuales determinan los ángulos de incidencia, la variación lineal de éstos ocasiona un incremento lineal del consumo de combustible, dicha linealidad, se corroboró con las mediciones de recorrido, ángulo de dirección y consumo de combustible y los cálculos teóricos, en el cual la función lineal, se determina por medio de mínimos cuadrados.

La variación de la velocidad en el vehículo, acentúa la desigualdad de los ángulos de incidencia, es decir con mayores velocidades las vibraciones en los diferentes componentes mecánicos incrementa dichos desajustes, por lo cual, el mantenimiento y la verificación de los ángulos de incidencia deben de realizarse cada vez que se realiza el mantenimiento preventivo programado, que es cada 5000 Km.

V. CONCLUSIONES

- Se realizó el análisis de los registros de ángulos de incidencia de los vehículos que ingresan a realizar mantenimiento preventivo, y se tuvo la siguiente información estadística: dispersión de datos para la convergencia de 0.118mm, para ángulo de caída 0.153mm, y para ángulo de avance de 0.643mm. Es decir que los desajustes son constantes en el sistema de dirección del vehículo.
- En las mediciones realizadas en el vehículo de prueba 1 y 2, que para una variación desde 0,1 hasta 1.0 mm de convergencia divergencia, el valor del consumo específico de combustible varía desde 41.04 hasta 39.02 Km/galón, es decir que 2.02 Km se recorren menos al variar el valor de éste ángulo de incidencia.
- Las ecuaciones $Y = -2.47X + 41.3$ para el vehículo de prueba 1, $Y = -3.82 X + 43.3$ para el vehículo de prueba 2, determina la relación entre el consumo de combustible (Y), y el ángulo de Divergencia y/o Convergencia. Las ecuaciones $Y = -3.93 X + 41.3$ para el vehículo de prueba 1, $Y = -2.14 X + 41.9$ para el vehículo de prueba 2, determina la relación entre el consumo de combustible (Y), y el ángulo de Caída (X). Las ecuaciones $Y = -0.17 X + 41.02$ para el vehículo de prueba 1, $Y = -0.152 X + 41.26$ para el vehículo de prueba 2, determina la relación entre el consumo de combustible (Y), y el ángulo de Avance (X).

VI. RECOMENDACIONES.


- Realizar las mediciones de los ángulos de incidencia, en las mismas condiciones de funcionalidad del vehículo, es decir con el motor con sus variables dentro del rango especificado, no presentar fallas en los sistemas de suspensión y frenos.
- Así mismo para mejorar la investigación, se tiene que tener el registro de las velocidades del vehículo, en ciudad asimismo en carretera a fin de determinar la influencia de la variación de la velocidad en los desajustes al sistema de dirección.
- Los consumos específicos de combustible, determina la eficiencia de los vehículos, con lo cual al tener menor consumo tiene su efecto directo en menor contaminación ambiental.

REFERENCIAS.

- WIDMAN, internacional. Sistemas de dirección suspensión y frenos de vehículos livianos. La paz, 2017, 56pp.
- VASQUEZ R. La vida útil de los Neumáticos. Santiago de Chile, 2018, 121pp.
- CONAE. El parque Automotor de la Ciudad de México en el siglo XXI. México, 2016, 67pp.
- GUTIERREZ, R. Los sistemas de dirección hidráulica y eléctrica en vehículos livianos. Madrid, España, 2016, 78pp
- CABEZAS R. Análisis comparativo entre los sistemas de dirección hidráulica y eléctrica para determinar el consumo de combustible en un vehículo de 1300 cc. Lambayeque, Perú, 2018, 99pp.
- GARCIA D. Consumos específicos de combustible en vehículos para uso público. México, 2016, 94pp.
- AUTODATA, Información de vehículos por marca, año y modelo. Buenos Aires, 2016, 87pp.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Informa Anual del parque automotriz de Lima. Lima, Perú, 2017, 56pp.
- ASOCIACIÓN AUTOMOTRIZ DEL PERÚ, Estadísticas Anuales del sector transporte en el Perú, 2018, 43pp.
- ARIAS D. Desarrollo De Un Sistema De Diagnóstico De Fallas En La Dirección Asistida Eléctrica De Automóviles, Perú, 2017, 69pp.
- PÉREZ Rey, Desarrollo de nuevas metodologías de inspección del sistema de dirección de vehículos mediante placa alineadora. MADRID, 2013, 45pp.
- REDÍN H. Diseño y construcción de un banco de pruebas de cajas de dirección hidráulicas. Ecuador, 2013, 54pp.

ANEXOS

Anexo N°01: Guía de observación

	<p>Tesis: ANÁLISIS DE LOS ANGULOS DE INCIDENCIA EN LOS NEUMATICOS PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO SUZUZI K10-CHICLAYO</p>
<p>GUIA DE OBSERVACIÓN DE ANGULOS DE INCIDENCIA</p>	

Instrucciones:

Realizar las mediciones, de acuerdo a lo especificado, para lo cual, utilizar equipo de alineamiento con tecnología láser.

Vehículo	Kilometraje	Angulos de Incidencia (Grados Sexagesimales)						Consumo de Combustible (Galones)	Recorrido (Km)	Consumo específico de combustible (Km/Galón)
		Convergencia	Divergencia	Avance Positivo	Avance Negativo	Caída Positiva	Caída Negativa			
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

- Apellidos y Nombres:

- Profesión: _____

- Grado académico: _____

- Actividad laboral actual:

INDICACIONES AL EXPERTO.

En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una “X” conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1 Ninguno	2 Poco	3 Regular	4 Alto	5 Muy alto
--------------	-----------	--------------	-----------	---------------

1. Sírvase marcar con una “X” las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)			
b) Experiencia como profesional. (EP)			
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)			
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)			
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)			

Firma del entrevistado

Estimado(a) experto(a):

El instrumento de recolección de datos a validar es un la entrevista, cuyo objetivo Analizar las señales eléctricas para analizar los ángulos de incidencia en los neumáticos para determinar el consumo de combustible en un vehículo Suzuki k10

Con el objetivo de corroborar la validación del instrumento de recolección de datos, por favor le pedimos responda a las siguientes interrogantes:

1. ¿Considera pertinente la aplicación de esta entrevista para los fines establecidos en la investigación?

Es pertinente: ___ Poco pertinente: ___ No es pertinente: ___

Por favor, indique las razones:

2. ¿Considera que la entrevista formula las preguntas suficientes para los fines establecidos en la investigación?

Son suficientes: ___ Insuficientes: ___

Por favor, indique las razones:

3. ¿Considera que las preguntas están adecuadamente formuladas de manera tal que el entrevistado no tenga dudas en la elección y/o redacción de sus respuestas?

Son adecuadas: ___ Poco adecuadas: ___ Inadecuadas: ___

Por favor, indique las razones:

4. Califique los ítems según un criterio de precisión y relevancia para el objetivo del instrumento de recolección de datos.

Ítem	Precisión			Relevancia			Sugerencias
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco Relevante	Irrelevante	

5. ¿Qué sugerencias haría Ud. para mejorar el instrumento de recolección de datos?

Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación:

Firma del Experto

Acta de Aprobación de originalidad de tesis

	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo, **Mg. Deciderio Enrique Díaz Rubio**, docente de la Facultad **DE INGENIERÍA** y Escuela Profesional **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA** de la Universidad César Vallejo Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada

“ANÁLISIS DE LOS ÁNGULOS DE INCIDENCIA EN LOS NEUMÁTICOS PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO SUZUKI K10 .”

Del estudiante **MARCO ANTONIO RELUZ FIESTAS**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **7 %** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 15 de enero de 2020



Mgtr Deciderio Enrique Díaz Rubio

DNI: 16728343

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	-----------------------	--------	---------------------------------

Reporte de turnitín

Análisis de los ángulos de incidencia en los neumáticos para determinar el consumo de combustible en un vehículo Suzuki k10.


INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
2	www.sernesashop.com Fuente de Internet	1%
3	e-archivo.uc3m.es Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.mecanicavirtual.org Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú Trabajo del estudiante	<1%
7	prezi.com Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad San Francisco de	

Autorización de publicación de tesis repositorio institucional UCV.

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo MARCO ANTONIO RELUZ FIESTAS, identificado con DNI N° 41181436, egresado de la Escuela Profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la Universidad César Vallejo, autorizo (X) , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "ANÁLISIS DE LOS ÁNGULOS DE INCIDENCIA EN LOS NEUMÁTICOS PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO SUZUKI K10"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....



 FIRMA

DNI: 41181436
 FECHA: 10 de Noviembre del 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	-----------------------------------	--------	---------------------------------

Autorización de la versión final del trabajo de investigación.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

RELUZ FIESTAS MARCO ANTONIO

INFORME TÍTULADO:

"ANÁLISIS DE LOS ÁNGULOS DE INCIDENCIA EN LOS NEUMÁTICOS PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO SUZUKI K10"

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

SUSTENTADO EN FECHA : 19 de Diciembre 2019

NOTA O MENCIÓN : Aprobado por mayoría



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

Mgtr. Dante Omar Panta Carranza
Coordinador de Escuela Ingeniería Mecánica Eléctrica