



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la geometría de
la dirección de vehículo**

Obando Logroño, Marco Gabriel y Poaquiza González, Esteban David

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Paredes Gordillo, Cristian Alejandro, M. Sc.

23 de agosto del 2023

Latacunga



Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Reporte de verificación del contenido



OBANDO_POAQUIZA_TESIS FINAL.docx

Scan details

Scan time:
August 23th, 2023 at 15:2 UTC

Total Pages:
74

Total Words:
18355

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	3.3%	607
Minor Changes	0.7%	127
Paraphrased	2.5%	451
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage
 AI text
 Human text

Plagiarism Results: (47)

- Conectar 3 MPU-6050 a un arduino uno, y leer datos...** 1%

<https://forum.arduino.cc/t/conectar-3-mpu-6050-a-un-arduino...>

Loading ...
- Esp now communication sensor data not in-sync - S...** 1%

<https://forum.arduino.cc/t/esp-now-communication-sensor...>

Loading ...
- ESP-Now conecta dos o más ESP32/ESP8266 - Electro...** 1%

<https://www.electrosch.com/foro/esp-now-conecta-2-esp-32-...>

Saltar al contenido ElectroSchCloud Menu Inicio Electrónica IoT Amplificadores Operacionales Arduino ES...

Ing. Cristian Alejandro Paredes Gordillo, M.Sc.

C. C.: 171848293-6



Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: "Diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la geometría de la dirección de vehículo" fue realizado por los señores **Obando Logroño, Marco Gabriel y Poaquiza González, Esteban David**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 23 de agosto del 2023



Ing. Paredes Gordillo, Cristian Alejandro

C. C.: 171848293-6



Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Obando Logroño, Marco Gabriel** y **Poquiza González, Esteban David** con cédulas de ciudadanía N° **175101920-7** y **172571047-7** declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“Diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la geometría de la dirección de vehículo”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 23 de agosto del 2023

Obando Logroño, Marco Gabriel

C.C.: 175101920-7

Poquiza González, Esteban David

C.C.: 172571047-7



Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Nosotros, **Obando Logroño, Marco Gabriel** y **Poaquiza González, Esteban David** con cédulas de ciudadanía N° **175101920-7** y **172571047-7**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“Diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la geometría de la dirección de vehículo”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 23 de agosto del 2023

Obando Logroño, Marco Gabriel

C.C.: 175101920-7

Poaquiza González, Esteban David

C.C.: 172571047-7

Dedicatoria I

Dedico este trabajo principalmente a Dios por bendecirme cada día y acompañarme en este camino de mi vida estudiantil permitiendo crecer guiando mis acciones, brindando confort y paz para cumplir esta meta.

A mis padres que los dos me guiaron dándome consejos y preocupándose porque nunca me falte nada para realizar mis estudios. Su apoyo fue fundamental para permitirme llegar donde estoy.

A mis abuelitas que me brindaron su amor incondicional preocupándose por siempre de que coma y principalmente por darme esa paz que muchas veces fue necesario para seguir adelante y nunca rendirme.

A mi familia que con muchas de sus acciones han sido una gran fuerza en mi camino para lograr mis metas.

Obando Logroño, Marco Gabriel

Dedicatoria II

Este trabajo de investigación se lo dedicó a mi mami Rosana y abuelita Margarita quiénes han sido mi pilar fundamental para cumplir este sueño tan anhelado, por su apoyo, consejos, abrazos y amor incondicional que a pesar de los problemas me supieron alentar para continuar y no desistir, sé que este logro las hará sentir orgullosas por todo el sacrificio que hemos hecho.

A mi papi Danilo porque me has llevado de tu mano en toda lo que va de mi vida, gracias a ti me he vuelto una persona de bien y un carácter fuerte, tus anécdotas, consejos y palabras las tendré presente por el resto de mi vida profesional, lo hemos logrado papi.

A mis hermanos Camila y Said que son mi motivación para cumplir este logro, además de ser en quién confíen por si algo necesitan, que su hermano mayor estará para escucharlos.

Al amor de vida Adriana quién me brindo su apoyo a pesar de la distancia, ya que nunca me faltó una palabra de amor, abrazos y besos cuando sentía que todo podía salir mal.

A mi familia que siempre estuvieron en todo momento para ayudarme a salir de los problemas con sus consejos y abrazos.

A mis amigos Jordan, Rogger y Steven con quiénes compartí estos años de trayectoria y se convirtieron como mis hermanos con un solo objetivo en común.

A mi mejor amiga María Caridad que con sus palabras me ayudo a que este logro haya sido cumplido y ser como mi hermana durante este tiempo que hemos congeniado.

A Najely que durante el tiempo compartido me extendió su apoyo para no desistir y dedicó su tiempo a que crezcamos juntos académicamente y ahora de manera profesional.

Poquiza González, Esteban David

Agradecimiento I

Agradezco a Dios por cuidarme en muchos momentos, darme salud, darme tranquilidad, poner en mi camino el objetivo de estudiar y estar en este momento culminando mi carrera universitaria.

A mi mamá Mildred que desde el inicio supo acompañarme en el inicio del camino universitario acompañándome a buscar un arriendo, es un parte fundamental en mi vida su apoyo incondicional y su preocupación por mi salud y porque nunca me falte nada me ayudaron a demostrar esfuerzo y gratitud por todo lo que ha hecho por mí.

A mi padre Marco que me apoyo económicamente y me brindo muchos consejos por su preocupación de que me convierta en una gran persona le agradezco su apoyo es parte fundamental de mis logros.

A mis abuelitas Alcirita y Hilda le agradezco el cariño que me tuvieron y la forma de verme, supieron consentirme de muchas formas y me enseñaron a la importancia de servir, les agradezco por ser los principales referentes de mis dos familias.

A mis abuelitos, hermanos, tíos, primos les agradezco por ser parte importante de mi vida y por acompañarme en este camino dándome aliento, consejos y principalmente su preocupación por que yo sea una persona de bien.

Obando Logroño, Marco Gabriel

Agradecimiento II

Agradezco en primer lugar a Dios por cada día de salud y vida que me otorgó para que este logró se haga realidad.

A mis padres Rosana y Danilo que nunca me dejaron solo a pesar de la distancia siempre estuvieron a mi lado más que nunca, por cada bendición que me daban para que mis días salgan bien y me ayudaron a que todo mi proceso académico sea excelente, mi amor eterno estará con ustedes para anhelar todo lo que hemos conversado.

A mis hermanos Camila y Said que aún sin estar cerca son aquellas personas a las que quiero darles un buen ejemplo, gracias hermano por ser quién me saca una sonrisa con cada ocurrencia y gracias hermana por absolutamente todo quisiera ser fuerte como tú, pero aún anheló que llegue el día que pueda volver abrazarte, sigue con tus sueños en el exterior que yo siempre me alegrare por ello.

A ti amor Adriana por ser mi inspiración para cada día ser una mejor persona y motivarme a seguir luchando por todo lo que hemos soñado.

A usted abuelita Margarita por sus abrazos y bendición, que siempre me ha sabido proteger de todo lo malo, sepa usted que es lo más bonito que tengo.

A mi familia y amigos que estuvieron incondicionalmente cuando algo salía mal, e incluso me extendieron su mano para poder guiarme durante un trabajo o necesidad que debía cumplir.

Finalmente, a usted Ingeniero Cristian Paredes, que fue quién me ayudo a que todo el proceso de investigación para este proyecto haya salido de la mejor manera, además de compartir sus conocimientos con mi persona.

Poquiza González, Esteban David

ÍNDICE DE CONTENIDO

Caratula.....	1
Reporte de verificación del contenido	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria I	6
Dedicatoria II	7
Agradecimiento I	8
Agradecimiento II	9
Índice de contenido	10
Índice de figuras.....	16
Índice de tablas.....	19
Resumen	20
Abstract.....	21
Capítulo I: Introducción.....	22
Antecedentes.....	22
Planteamiento del problema	23
Justificación e importancia	24
Objetivos	24

<i>Objetivo general</i>	24
<i>Objetivos específicos</i>	25
Variables de investigación	25
<i>Variables Independientes</i>	25
<i>Variable dependiente</i>	25
Hipótesis.....	25
Capítulo II: Marco teórico.....	26
Reseña de la dirección del vehículo.....	26
<i>Geometría de la Dirección</i>	32
<i>Relación neumático y dirección del vehículo</i>	36
<i>Alineación Automotriz</i>	38
Neumáticos.....	40
Composición	40
Comportamiento dinámico del neumático	41
Programación.....	43
Interfaz HMI Nextion.....	44
Módulo ESP32.....	45
Tira LED RGB	47
Acelerómetro MPU 6050	48
Capítulo III: Diseño y construcción del sistema	50
Diseño Conceptual	50

Necesidad	50
Requerimientos.....	50
Restricciones.....	51
Ideas de diseño	51
Alternativas de diseño.....	51
Primera Alternativa	52
Segunda Alternativa	53
Tercera Alternativa	54
Evaluación de Alternativas	55
Selección de Alternativa	55
Posicionamiento	56
Geometría.....	58
Diseño final.....	58
Diseño del sistema	59
<i>Diseño del sistema de monitoreo</i>	<i>60</i>
<i>Diseño de los módulos maestros</i>	<i>60</i>
<i>Diseño de la PCB para el módulo maestro</i>	<i>61</i>
<i>Diseño del módulo esclavo</i>	<i>62</i>
<i>Diseño del sistema de alerta temprana</i>	<i>62</i>
<i>Diseño del sistema control</i>	<i>63</i>
<i>Diseño de componentes mecánicos.....</i>	<i>65</i>

<i>Diseño de la carcasa del módulo maestro</i>	65
<i>Diseño de la carcasa de la pantalla HMI</i>	66
Construcción del Sistema.....	67
Selección de Componentes	67
<i>Elementos seleccionados para el monitoreo</i>	67
<i>Elementos seleccionados para la alarma</i>	69
<i>Elementos seleccionados para el control</i>	70
<i>Elementos seleccionados para los módulos inalámbricos</i>	72
Construcción de Componentes	74
Arquitectura del sistema de monitoreo, alerta y control de la dirección del vehículo.....	74
<i>Construcción del sistema de monitoreo</i>	75
<i>Construcción de la carcasa de la pantalla HMI Nextion</i>	76
<i>Construcción de la placa del módulo esclavo</i>	77
<i>Construcción del sistema de alarma</i>	78
<i>Construcción del sistema de control</i>	80
<i>Construcción de los módulos maestro</i>	82
Programación del sistema de alarma y control	85
Implementación del sistema en el Vehículo	90
<i>Implementación del sistema de alarma visual</i>	90
<i>Implementación del sistema de alarma vibracional</i>	91
<i>Implementación del sistema de control por relés</i>	92

<i>Implementación del sistema de control por botón</i>	94
<i>Implementación del sistema de control GSM</i>	96
<i>Implementación de los sensores en las ruedas</i>	97
<i>Implementación del sistema en el vehículo AVEO ACTIVO 1.6, AÑO 2009</i>	99
Capítulo IV: Validación y análisis de resultados	101
Protocolo de operación del Sistema	101
Validación del sistema	107
Pruebas con el sistema implementado	107
<i>Prueba 1. Muestreo de Evaluación</i>	107
<i>Prueba 2. Variación del sensor con respecto a la alineadora</i>	109
<i>Prueba 3. Voltajes de referencia</i>	111
Análisis de Resultados	112
<i>Análisis de resultados en base a la Prueba 1</i>	113
<i>Análisis de resultados en base a la Prueba 2</i>	114
<i>Análisis de resultados en base a la Prueba 3</i>	115
Capítulo V: Marco administrativo	117
Recursos	117
<i>Recursos humanos</i>	117
<i>Recursos tecnológicos</i>	117
<i>Recursos materiales</i>	118
Financiamiento	119

Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones.....	121
Conclusiones.....	121
Recomendaciones.....	123
Bibliografía.....	124
Anexos.....	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Esquema de planificación del proyecto</i>	23
Figura 2 <i>Dirección de cremallera</i>	26
Figura 3 <i>Caja de dirección de tornillo sin fin</i>	27
Figura 4 <i>Dirección por bolas circundantes</i>	28
Figura 5 <i>Esquema de funcionamiento de la dirección asistida hidráulica</i>	29
Figura 6 <i>Esquema de funcionamiento de un plan de asistencia eléctrica</i>	30
Figura 7 <i>Dirección activa con asistencia electrónicamente</i>	31
Figura 8 <i>Sistema de Dirección y Suspensión</i>	32
Figura 9 <i>Ángulos de la Geometría del Vehículo</i>	34
Figura 10 <i>Desgaste irregular de un neumático por su parte exterior</i>	36
Figura 11 <i>Verificación de alineación de un vehículo</i>	39
Figura 12 <i>Formación del neumático</i>	41
Figura 13 <i>Fuerzas actuantes sobre la rueda</i>	41
Figura 14 <i>Sistema de referencia de un neumático</i>	42
Figura 15 <i>Software Nextion para la creación de las diferentes pantallas</i>	44
Figura 16 <i>Pantalla HMI Nextion de 7"</i>	45
Figura 17 <i>Poner en marcha MicroPython ESP32/ESP8266</i>	46
Figura 18 <i>Numeración ESP32</i>	46
Figura 19 <i>Ejemplos de conexión de una tira led monocolor y una tira RGB</i>	48
Figura 20 <i>Acelerómetro MPU 6050</i>	49
Figura 21 <i>Alternativa 1</i>	52
Figura 22 <i>Alternativa 2</i>	53
Figura 23 <i>Alternativa 3</i>	54
Figura 24 <i>Alternativa seleccionada</i>	56

Figura 25 Áreas de las superficies que podemos encontrar en el sistema de dirección.	57
Figura 26 Diseño de la carcasa del sensor acelerómetro PU6050	58
Figura 27 Esquema de la colocación del sensor	59
Figura 28 Diseño del módulo maestro	61
Figura 29 Diseño de la placa PCB.	62
Figura 30 Diseño del sistema de alerta	63
Figura 31 Esquema de Funcionamiento del sistema de control.....	64
Figura 32 Diseño de la carcasa interna del módulo maestro.....	65
Figura 33 Diseño de la carcasa externa del módulo maestro	66
Figura 34 Diseño de la carcasa de la pantalla HMI.....	67
Figura 35 Componentes que conforman el sistema.....	74
Figura 36 Evaluación de funcionamiento pantalla HMI.....	75
Figura 37 Codificación de Interfaz HMI.....	76
Figura 38 Impresión de la carcasa de la pantalla HMI en impresora 3D	76
Figura 39 La placa en donde se coloca la ESP32	77
Figura 40 Ubicación de la placa ESP32 en la pantalla HMI.....	78
Figura 41 Pines de la tira led RGB	78
Figura 42 Conexión de la ESP32 con la tira led RGB	79
Figura 43 Tira compuesta por pequeños motores vibratorios	80
Figura 44 Módulo SIM800L	80
Figura 45 La ubicación del módulo SIM800L.....	81
Figura 46 Interruptor del sistema del control del reseteo y su salida desde la ESP32	82
Figura 47 Impresión de la baquelita PCB	82
Figura 48 Módulo inalámbrico ESP32 con batería de iones de litio y regulador de voltaje.....	83
Figura 49 Carcasas de los módulos maestros	84

Figura 50 <i>Módulos maestros para las ruedas del automotor</i>	85
Figura 51 <i>Diagrama del sistema de alerta y control en la primera pantalla HMI en el vehículo</i>	86
Figura 52 <i>Diagrama del sistema de alerta y control del Camber en la interfaz HMI</i>	87
Figura 53 <i>Diagrama del sistema de alerta y control del Caster en la interfaz HMI</i>	88
Figura 54 <i>Cuadro del sistema de alerta y control del Toe en la interfaz HMI</i>	89
Figura 55 <i>Instalación luz led RGB</i>	91
Figura 56 <i>Instalación de pequeños motores vibratorios</i>	92
Figura 57 <i>57a) Instalación sistema de control por relés</i>	93
Figura 58 <i>58a) Conexión del sistema de control por botón</i>	95
Figura 59 <i>59a) Conexión del sistema de control por GSM</i>	96
Figura 60 <i>Módulo inalámbrico y sensor acoplados en el vehículo</i>	98
Figura 61 <i>a) Ubicación de los módulos inalámbricos en el vehículo</i>	98
Figura 62 <i>62a) Interfaz HMI Final</i>	99
Figura 63 <i>Video de presentación en la pantalla</i>	102
Figura 64 <i>Segunda lámina del sistema</i>	102
Figura 65 <i>Segunda lámina del sistema</i>	103
Figura 66 <i>Mensajes de alerta al celular del conductor</i>	104
Figura 67 <i>Tercera lámina del sistema</i>	104
Figura 68 <i>Cuarta lámina del sistema</i>	105
Figura 69 <i>Tercera lámina del sistema</i>	106
Figura 70 <i>Tercera lámina del sistema</i>	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Consecuencias en el vehículo por efecto de geometría</i>	35
Tabla 2 <i>Características del neumático</i>	37
Tabla 3 <i>Aplicaciones de la tira led RGB</i>	47
Tabla 4 <i>La siguiente tabla recopila la información para evaluar las alternativas</i>	55
Tabla 5 <i>Tabla del espacio disponible para la ubicación del sensor en el vehículo.</i>	57
Tabla 9 <i>Tabla de componentes que conforman el sistema de monitoreo</i>	68
Tabla 8 <i>Tabla de componentes que conforman el sistema de alarma.</i>	69
Tabla 7 <i>Tabla de componentes que conforman el sistema de control</i>	70
Tabla 6 <i>Tabla de componentes que conforman el módulo maestro</i>	73
Tabla 11 <i>Prueba estática y dinámica practicada al sistema implementado</i>	107
Tabla 12 <i>Comparación de los datos del sistema implementado</i>	109
Tabla 13 <i>Valores de voltaje de operación obtenidos con el sistema operativo.</i>	112
Tabla 14 <i>Valores promedio de la prueba 1</i>	113
Tabla 15 <i>Valores promedio comparativos</i>	115
Tabla 16 <i>Recursos humanos</i>	117
Tabla 17 <i>Recursos tecnológicos</i>	118
Tabla 18 <i>Recursos materiales</i>	118
Tabla 19 <i>Gastos de la investigación</i>	119

Resumen

El objetivo principal del proyecto es diseñar y construir un sistema de control, monitoreo y alerta ante la variación de los ángulos que conforman la dirección del automotor. Los sistemas de monitoreo de alineación de ruedas en la actualidad adquieren numerosas tecnologías de última generación. Para replicar esta fundamentación mediante al alcance de todos los usuarios, se emplea elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos que, configurados de manera específica, ayudan a informar hacia el conductor, el comportamiento de la dirección específicamente respecto a sus ángulos de alineación. Para ello, se inicia con el diseño concurrente del sistema a implementar en el vehículo, tomando como punto de partida la literatura existente sobre el tema, y así, plantear posibles alternativas de solución para el mismo. Una vez definida la mejor alternativa, se realiza el diseño detallado de los componentes que posteriormente se construyen e implementan en el vehículo. A continuación, se establece el protocolo de operación del sistema, y a paso seguido, se realiza las pruebas de funcionamiento que validan al mismo. Los resultados obtenidos en las pruebas al sistema implementado permiten realizar un minucioso análisis de datos, para de esta manera, obtener conclusiones efectivas sobre el trabajo desarrollado. El sistema construido muestra una eficiencia del 96% en la precisión de toma y procesamiento de datos en tiempo real de los ángulos de la geometría de la dirección, denotando que es confiable y apto para ser reproducido en cualquier tipo de vehículos, con facilidad para su fabricación y económicos en comparación con sistemas de características similares.

Palabras clave: Alineación de ruedas, geometría de la dirección, monitoreo inalámbrico, control de la dirección.

Abstract

The main objective of the project is to design and build a control, monitoring and alert system for the variation of the angles that make up the direction of the vehicle. Wheel alignment monitoring systems today have acquired numerous state-of-the-art technologies. To replicate this foundation through the reach of all users, electrical, electronic and mechanical elements are used that, configured in a specific way, help to inform the driver, the behavior of the steering specifically with respect to its alignment angles. For this, it begins with the concurrent design of the system to be implemented in the vehicle, taking the existing literature on the subject as a starting point, and thus, proposing possible alternative solutions for it. Once the best alternative is defined, the detailed design of the components that are subsequently built and implemented in the vehicle is carried out. Next, the system operation protocol is established, and a step followed, the functional tests that validate it are carried out. The results obtained in the tests of the implemented system allow a detailed analysis of the data, in order to obtain effective conclusions about the work developed. The built system shows an efficiency of 96% in the precision of real-time data collection and processing of the angles of the steering geometry, denoting that it is reliable and suitable to be reproduced in any type of vehicle, with ease for its use. manufacturing and economics compared to systems with similar characteristics.

Keywords: Wheel alignment, steering geometry, wireless monitoring, steering control.

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

La desalineación ocurre en cualquier momento, por lo que es difícil o incluso imposible de predecir y mantener de inmediato o puntualmente su comportamiento. A menos que se realice una inspección regular y periódica de componentes para garantizar su funcionalidad. (Mejía González et al., 2018)

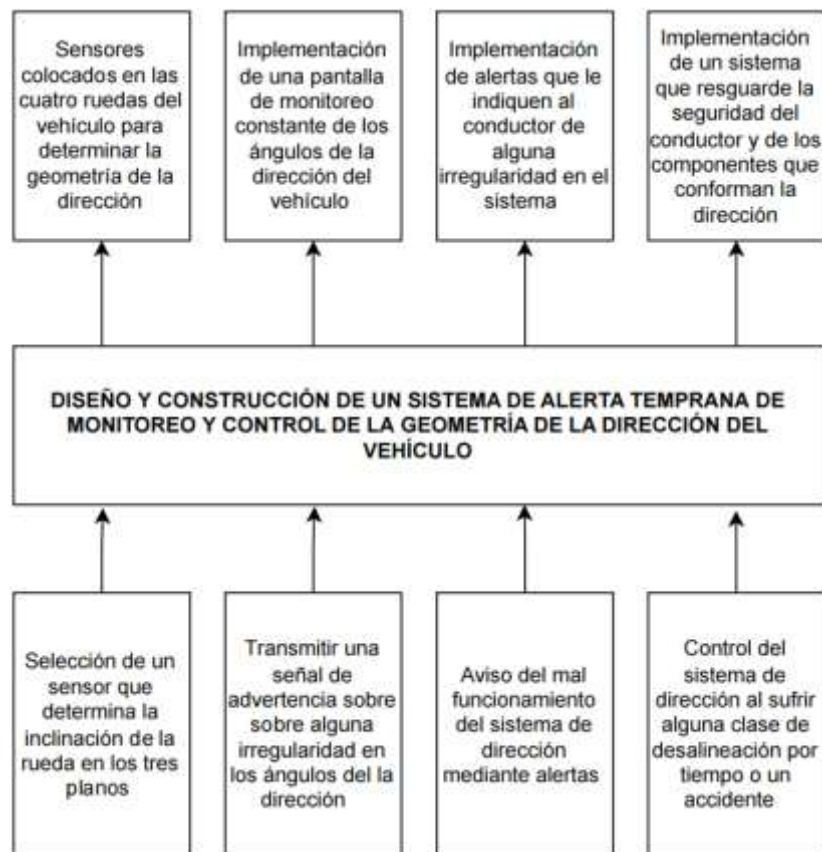
Los vehículos en la actualidad vienen equipados con sistemas de aviso del no funcionamiento de partes o sistemas. Sin embargo, son insuficientes al momento de alertar un desperfecto hacia sus ocupantes, sea por descuido, desconocimiento o por distracción del conductor. La variación de los ángulos que presenta la dirección, un exceso de carga sobre su estructura o una incorrecta presión de inflado en los neumáticos pueden generar daños que van desde la pérdida gradual de funcionalidad de los componentes hasta el daño irreparable de partes de sus sistemas. Por tal razón, es necesario incorporar un sistema innovador aplicable a cualquier tipo de vehículo que alerte a tiempo al conductor, que la funcionalidad de un sistema en específico, no es el correcto.

Varios estudios han permitido implementar módulos de control para la geometría de la dirección del automotor, pero son muy poco accesibles dentro del mercado local. Sin embargo, hay universidades que han logrado integrarlas en un automóvil sea el caso de la Escuela de Ingeniería y Tecnología Universidad de Aston, Birmingham, Universidad de Mumbai Maharastra, India.

Planteamiento del problema

Figura 1

Esquema de planificación del proyecto



Nota. En la siguiente gráfica se indica los problemas y soluciones para el proyecto de investigación presente.

La desalineación de las ruedas del vehículo, especialmente los ángulos inclinados de convergencia, provocará un desgaste superficial gravemente irregular y excesivo de los neumáticos, y otros componentes de la suspensión. Esto no solo aumenta los costos de combustible y energéticos en el vehículo, sino que también afecta la estabilidad y seguridad de la dirección y el manejo del mismo. (Daogao et al., 2020)

La vida útil de los neumáticos está relacionada con aspectos muy simples como se presenta en la banda de rodadura, reflejado por la adecuada presión de aire existente en su cámara o la correcta alineación de la geometría de la dirección. A pesar de las recomendaciones que todo conductor debe conocer, mantener y respetar; diariamente se ingresan gran cantidad de vehículos a talleres de reparación, a los que, algunos de sus sistemas han sido operados fuera de su rango normal. Por tal razón, es necesario incorporar un sistema no convencional de aviso temprano de mal funcionamiento de partes específicas del vehículo, el cual se activa ante el inicio de un defecto detectado en un sistema en específico, de tal manera que pueda corregirse el error inmediatamente. El sistema puede adaptarse a cualquier vehículo automotor, previniendo daños graves a componentes que puedan ser corregidos a tiempo.

Justificación e importancia

El presente trabajo se enfocará en diagnosticar de manera rápida y eficiente las fallas que se puede presentar dentro del sistema de dirección del automotor mediante la implementación y el uso de sensores de diagnóstico. Esto, permite analizar el comportamiento de la geometría de la dirección en base al terreno en el que se encuentre el vehículo. Además, brinda una alerta temprana para diagnosticar el mal funcionamiento en base a los ángulos de la dirección del vehículo.

De esta manera, la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga generará conocimiento y dispondrá de la literatura necesaria para brindar al estudiante la oportunidad de mejorar sus destrezas, y a su vez, la posibilidad de implementar estos sistemas en todo tipo de vehículos.

Objetivos

Objetivo general

- Diseñar y construir un sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la geometría de la dirección de vehículo.

Objetivos específicos

- Diseñar y seleccionar los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos necesarios para el sistema de monitoreo y control de la geometría de la dirección del vehículo.
- Construir e implementar los componentes para monitorear y controlar la geometría de la dirección del vehículo.
- Validar el funcionamiento del sistema de monitoreo y control de la geometría de la dirección del vehículo.

Variables de investigación***Variables Independientes***

- Diseño y construcción de un sistema de control y monitoreo para la geometría de la dirección de un vehículo.

Variable dependiente

- Facilidad de incorporar los elementos electrónicos para el sistema de control y monitoreo en componentes de la dirección del vehículo.

Hipótesis

La implementación de un sistema de monitoreo, control y alerta de la geometría de la dirección de un vehículo reducirá significativamente el desgaste prematuro de los elementos del sistema a evaluar y de esta manera aumentará la seguridad para los conductores y ocupantes. Además, la integración de este sistema será de fácil interacción y accesible para el conductor, lo que aumentará la aceptación y uso del sistema en el mercado local.

Capítulo II

Marco teórico

La dirección es un sistema fundamental en el vehículo, ya que de este circuito depende el buen comportamiento de otros sistemas, así como también, la integridad de los ocupantes. El presente apartado busca recopilar la literatura existente sobre la geometría de la dirección y características fundamentales sobre sus componentes.

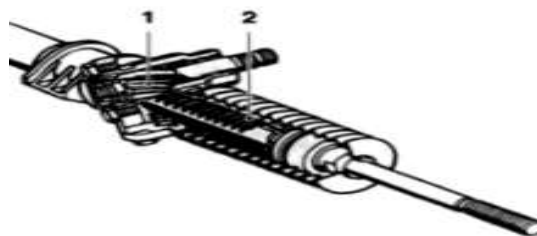
Reseña de la dirección del vehículo

La dirección del vehículo se remonta a los primeros días del automóvil, y ha experimentado una serie de avances y evoluciones a lo largo del tiempo. A continuación, se presenta una breve cronología de la reseña de los ángulos de dirección del automotor:

Dirección de varilla y piñón (1880s): Este sistema utilizaba una varilla y un piñón para transmitir el movimiento del volante a las ruedas delanteras. Era una configuración básica que requería un esfuerzo físico considerable para girar las ruedas. En la Figura 2, se detalla los componentes que conforman a dicha dirección.

Figura 2

Dirección de cremallera



Nota. El gráfico representa la dirección de cremallera formada por 1. Piñón, 2 Cremallera. Tomado del "Manual de la técnica del automóvil". (p.384), por K. Ddietsche, 2005, Reverte

“La dirección de cremallera está conformada por una cremallera y un piñón, la reducción se da a partir del número de vueltas del piñón con respecto al giro del volante en la cremallera”.

(Dietsche K, 2005)

Dirección de tornillo sin fin (1900s): A principios del siglo XX, se introdujo la dirección de tornillo sin fin, que utilizaba un tornillo sin fin y una tuerca para alterar el movimiento rotatorio del volante en un movimiento lineal que desplazaba a las ruedas motrices. Este sistema mejoró la eficiencia y redujo el esfuerzo necesario para girar las ruedas. Se detalla en la Figura 3, su funcionamiento.

Figura 3

Caja de dirección de tornillo sin fin



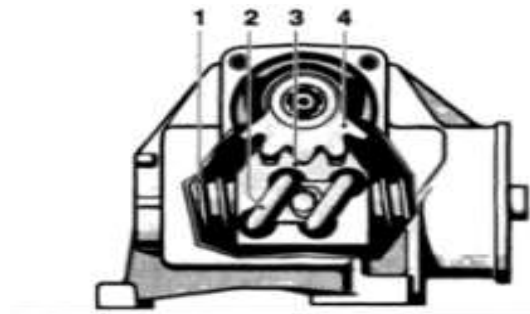
Nota. El gráfico representa la dirección de tornillo sin fin. Tomado de Sistemas de transmisiones de fuerza y trenes de rodaje (p.384), por E. Águeda et al, 2019, Paraninfo

El punto que acopla al tornillo sin fin es el que genera el movimiento para dar dirección a las ruedas junto con sus elementos auxiliares. Tanto el tornillo sin fin como el sector que engrana con él, van alojados en una caja cerrada fijada a la carrocería y están perfectamente lubricados. (Águeda et al., 2019)

Dirección de bolas recirculantes (1920s): En la década de 1920, se desarrolló la dirección de bolas recirculantes, que reemplazó el tornillo sin fin y la tuerca con bolas recirculantes en una pista en espiral. Este diseño permitió un movimiento más suave y menos fricción en el sistema de dirección, como se muestra en la Figura 4. (Escribano Guijo, 2021)

Figura 4

Dirección por bolas circundantes



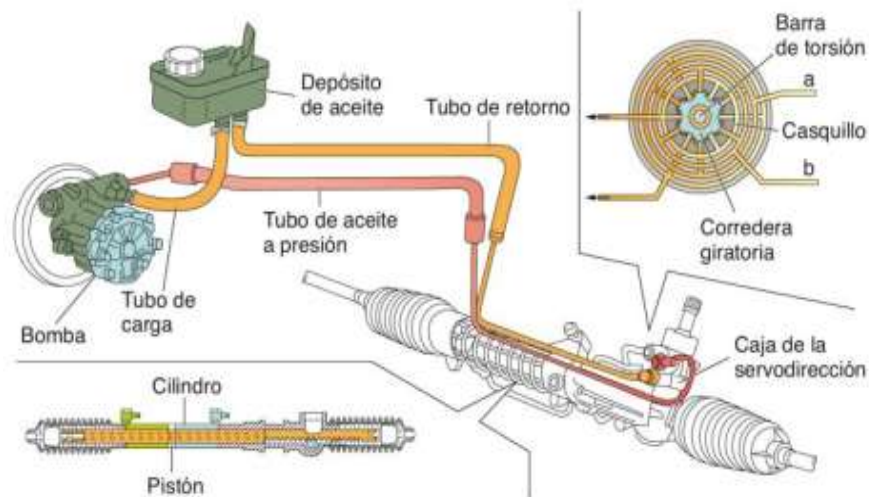
Nota. El gráfico representa la dirección por bolas circundantes. 1 tornillo sin de dirección, 2. Circunstante de bolas, 3. Tuerca de dirección, 4 Eje de dirección con segmento dentado. Tomado del Manual de la técnica del automóvil. (p.787), por K. Dietsche, 2005, Reverte

Una fila sin fin de bolas de bolas de poco rozamiento transmite las fuerzas entre el sinfín de la dirección. La tuerca de la dirección actúa sobre el eje de la dirección a través de un dentado. En este mecanismo de dirección es posible una desmultiplicación variable. (Dietsche K, 2005)

Dirección asistida hidráulica (1950s): A mediados del siglo XX, se introdujo la dirección asistida hidráulicamente, que utilizaba una bomba hidráulica para reducir el esfuerzo del conductor al girar el volante. Esta tecnología mejoró significativamente la comodidad y la facilidad de manejo del vehículo. En la figura 5, muestra el funcionamiento.

Figura 5

Esquema de funcionamiento de la dirección asistida hidráulica



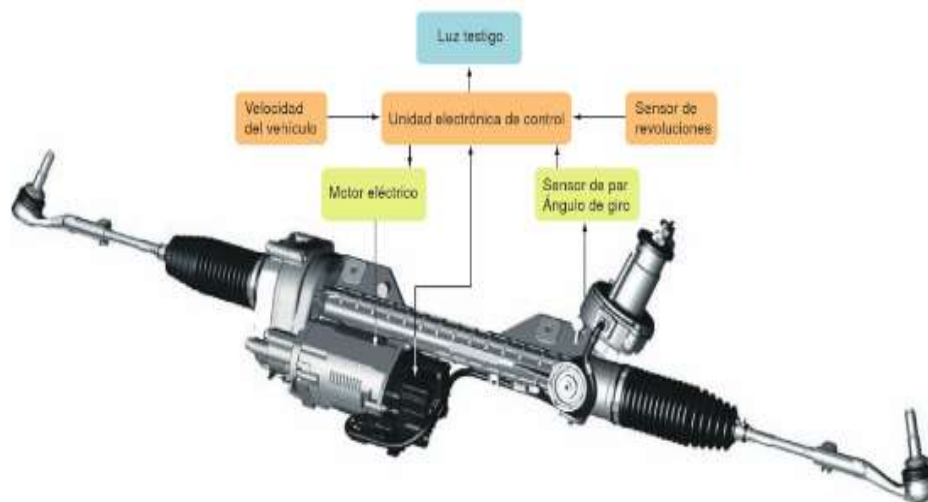
Nota. El cuadro representa el esquema de manejo de la dirección asistida hidráulica. Tomado de Elementos amovibles. (p.173), por E. Domínguez y J. Ferrer, 2013, EDITEX

El sistema dispone de un acopio de aceite, una bomba de presión, una unidad hidráulica de corredera (dentro de la caja de servodirección) y un cilindro de trabajo, unidos todos ellos por canalizaciones. (Domínguez & Ferrer, 2013)

Dirección asistida eléctrica (1990s): Con el avance de la tecnología, se desarrolló la dirección asistida eléctrica, que reemplazó la bomba hidráulica por un motor eléctrico. Esta versión era más eficiente energéticamente y permitía una mayor adaptabilidad y ajuste en función de la velocidad del vehículo. En la figura 6, muestra el funcionamiento.

Figura 6

Esquema de funcionamiento de un plan de asistencia eléctrica

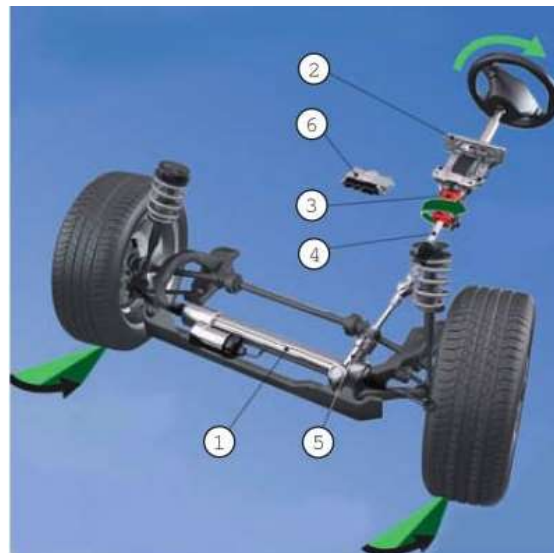


Nota. La ilustración representa el esquema de funcionamiento de un sistema de asistencia eléctrica su posicionamiento de los componentes. Tomado de sistemas de transmisiones de fuerza. (p.425), por E. Águeda et al, 2019, Paraninfo

Dirección asistida electromecánica (2000s): En los años 2000, se popularizó la dirección asistida electromecánica, que combinaba elementos de la dirección asistida hidráulica y eléctrica. Este sistema utiliza un motor eléctrico junto con un mecanismo de tornillo sin fin y bolas recirculantes, brindando una dirección más eficiente y precisa. En la figura 7, muestra los componentes del sistema. La unidad electrónica de control evalúa la situación a través de los sensores del sistema, para así efectuar los controles de superposición. Un sensor situado en el motor informa a la unidad en todo momento de su posición, para que este pueda evaluar la relación de dirección que se está produciendo. (Águeda et al., 2019)

Figura 7

Dirección activa con asistencia electrónicamente



Nota. El gráfico representa la dirección activa con asistencia electrónicamente 1. Caja de dirección electromecánicamente. 2. Columna de dirección. 3. Actuador. 4. Eje intermedio de la columna de dirección. 5. Piñón de la caja de dirección. Tomado de Sistemas de transmisiones de fuerza. (p.429), por E. Águeda et al, 2019, Paraninfo

Tecnologías de dirección autónoma (actualidad): En la actualidad, con los avances en la conducción autónoma, se han desarrollado tecnologías de dirección autónoma que permiten que los vehículos tomen decisiones de dirección de forma autónoma en ciertas condiciones. Los vehículos con dirección a las cuatro ruedas mejoran considerablemente la firmeza de marcha y el proceder dinámico del automotor, aunque esta tecnología nunca se ha incorporado de forma generalizada en el mercado del automóvil.(Águeda et al., 2019)

Estos sistemas utilizan sensores y cámaras para detectar el entorno y ajustar la dirección según sea necesario. Finalmente, en la Figura 8, se muestran los elementos que conforman al sistema de dirección y suspensión conjuntamente para evaluar los ángulos de dirección.

Figura 8

Sistema de Dirección y Suspensión



Nota. El gráfico los componentes que conforman parte de la dirección y suspensión del vehículo

Tomado de Auto cosmos. (Ponce, 2020)

Geometría de la Dirección

Las cotas geométricas de ejes y ruedas son calculadas por el fabricante de vehículo y son distintas para cada tipo. El correcto estado de estas cotas garantiza que la dirección sea suave, precisa y segura. (Domínguez & Ferrer, 2013)

Este procedimiento ayuda a asegurar una conducción segura y un desgaste uniforme de los neumáticos, lo que prolonga el ciclo de vida de los componentes y mejora la eficiencia del vehículo.

La alineación automotriz involucra ajustar tres ángulos principales de las ruedas:

Ángulo de convergencia (Toe): Este ángulo se refiere a la distancia entre las ruedas delanteras del vehículo, medida en la parte delantera y trasera de los neumáticos. Si las ruedas están inclinadas hacia adentro (hacia el centro del vehículo), se llama convergencia positiva, y si están inclinadas hacia afuera (hacia el exterior del vehículo), se llama convergencia negativa.

El ajuste de la convergencia garantiza que las ruedas estén paralelas entre sí, lo que mejora la estabilidad y el control direccional del vehículo. La convergencia o divergencia de las ruedas, mide

en milímetros o grados, el paralelismo de las dos ruedas de un mismo eje. Esta medición es la diferencia de mediada entre la parte delantera de la llanta y la parte trasera, a la misma altura de la llanta. (Domínguez & Ferrer, 2013)

Ángulo de inclinación o caída (Camber): Este ángulo se refiere a la inclinación vertical de las ruedas cuando se mira el vehículo desde el frente o desde atrás. Si las ruedas están inclinadas hacia adentro en la parte superior (hacia el centro del vehículo), se llama caída positiva, y si están inclinadas hacia afuera en la parte superior, se llama caída negativa. El apriete del ángulo de inclinación garantiza que las ruedas tengan un contacto óptimo con la superficie de la carretera, lo que mejora la tracción y el manejo. “Este ángulo provoca una variación en la parte superior de las ruedas hacia el interior o exterior del vehículo, dependiendo de que la caída sea negativa o positiva”. (Domínguez & Ferrer, 2013)

Ángulo de avance o divergencia (Caster): Este ángulo se refiere a la inclinación horizontal de las ruedas cuando se mira el vehículo desde el frente o desde atrás. Si las ruedas delanteras están inclinadas hacia afuera (hacia los lados del vehículo) con respecto a la parte trasera, se llama avance, y si están inclinadas hacia adentro, se llama divergencia. En la figura 9, muestra los ángulos presentes en la dirección de vehículo. Es el ángulo que se configura entre el pivote de la mangueta y eje vertical de la rueda en el sentido de avance de la misma. Este ángulo suele estar comprendido entre 1° y 3° en vehículos de tracción delantera y entre 5° y 10° en vehículos de propulsión trasera. (Gómez et al., 2009)

Figura 9*Ángulos de la Geometría del Vehículo*

Nota. El gráfico indica los ángulos principales del vehículo. Tomado de Wap Car. (Syaheer, 2020)

Los talleres automotrices utilizan equipos especializados, como máquinas de alineación con sensores y cámaras, para medir y ajustar estos ángulos con precisión según las especificaciones del fabricante. Es recomendable realizar una alineación automotriz periódicamente o cuando se haya realizado algún trabajo. (Domínguez & Ferrer, 2013)

En el sistema de suspensión, se observen signos de desgaste irregular de los neumáticos, ya que una alineación inadecuada puede afectar negativamente la estabilidad, la seguridad y el gasto de combustible del vehículo. De manera que, mediante la Tabla 1, se muestra los ángulos principales a corregir en un taller de servicio automotriz.

Tabla 1*Consecuencias en el vehículo por efecto de geometría*

Angulo	Defecto	Consecuencias
Avance	Tiene menos avance en las dos ruedas	Mal retorno de la dirección Flotación del vehículo (Falta de estabilidad de la dirección)
	Tiene más avance en las dos ruedas	Dirección dura (inestable en las curvas) Retorno excesivo
	Repartido desigualmente	Tracción hacia el ángulo es menor Inestabilidad de la dirección
Caída	Tiene menos caída en las dos ruedas	Reacciones en la dirección
	Tiene más caída en las dos ruedas	Desgaste del borde exterior del neumático
	Cada rueda tiene una caída diferente	Tracción hacia el lado donde el ángulo es mayor
Salida	Mayor salida	Dirección dura Retroceso importante
	Menor salida	Relación de la dirección Falta de retroceso, dirección suave
	Demasiada convergencia o falta de apertura	Desgaste del borde exterior de los neumáticos. Mayor en el neumático izquierda
Convergencia	Demasiada apertura o falta de convergencia	Desgaste del borde interior de los neumáticos. Mayor en el neumático izquierdo
Número de Medidas	Valor Alineadora	Valor Sensor

Nota. Esta tabla muestra las consecuencias en el vehículo por defecto de geometría. Tomado de Elementos amovibles. (p.181), por E. Domínguez y J. Ferrer, 2013, EDITEX

Relación neumático y dirección del vehículo

Las cotas de dirección influyen directamente con el comportamiento del vehículo y el desgaste irregular del neumático, en el caso de la convergencia por la parte exterior y el de la divergencia por la interior. (Águeda et al., 2019) Los neumáticos y la dirección del vehículo están estrechamente relacionados y juegan un papel crucial en la seguridad, el rendimiento y la comodidad durante la conducción. A continuación, en la figura 10, se describen algunas de las principales relaciones entre estos dos elementos. En la tabla 2, se describen algunas características de los neumáticos.

Figura 10

Desgaste irregular de un neumático por su parte exterior



Nota. El gráfico representa el desgaste irregular de un neumático por su parte exterior como consecuencia de un exceso de convergencia. Tomado de sistemas de transmisiones de fuerza y trenes de rodaje. (p.410), por E. Águeda et al, 2019, Paraninfo

Tabla 2*Características del neumático*

N°	Características del neumático	Descripción
1	Control y maniobrabilidad	Las llantas son el punto de contacto que existe entre el automotor y la carretera.
		La dirección permite al operario guiar el vehículo durante su tiempo de funcionamiento en las vías.
		Los neumáticos responden a las indicaciones de la dirección, lo que permite al conductor controlar y maniobrar el vehículo de manera segura y precisa.
2	Alineación de neumáticos	La alineación de neumáticos es un aspecto crítico que afecta tanto los neumáticos como la dirección.
		Una alineación inadecuada puede provocar un desgaste irregular de los neumáticos, lo que afecta la estabilidad y la eficiencia del vehículo.
		Una alineación incorrecta también puede afectar negativamente el rendimiento de la dirección, lo que resulta en un manejo deficiente y menos control sobre el vehículo.
3	Desgaste de los neumáticos	Un sistema de dirección en buen estado y una alineación adecuada contribuyen a un desgaste uniforme de los neumáticos.
		Si los neumáticos se desgastan de manera desigual, esto puede indicar una desalineación, lo que puede afectar la durabilidad y el rendimiento del neumático.

N°	Características del neumático	Descripción
4	Presión de los neumáticos	La presión adecuada de las llantas es importante para un rendimiento óptimo de la dirección. Neumáticos con baja presión pueden afectar negativamente la estabilidad del vehículo y hacer que la dirección sea menos precisa y más difícil de controlar.
5	Tracción y agarre	Los neumáticos son valiosos en la tracción y el agarre del vehículo en la carretera. Un buen agarre es esencial para una dirección segura y para mantener el control del vehículo en diversas condiciones de la carretera, como superficies mojadas, resbaladizas o con nieve.

Nota. Esta tabla muestra las características del neumático con su respectiva descripción.

Alineación Automotriz

Es importante mantener el vehículo totalmente alineado para que el conductor tenga un viaje mucho más confortable. Además, que la misma será de consideración para su seguridad y ayudará a mantener los elementos del vehículo utilizado en mejores condiciones, y alargando su etapa de funcionamiento. (Mejía González et al., 2018)

Dentro del mundo automotriz todos los automóviles poseen un ángulo de tolerancia diferente, ya que dependen del peso que se va colocar sobre cada uno de los neumáticos, considerado los amortiguadores, la rótula, terminales y la mesa, entre otros. De manera que la alineación se refiere al ajuste de los ángulos de los neumáticos y la dirección, con el fin de oscilar las fuerzas presentes. Se considera que, el ajuste de todos los componentes debe ser ejecutado en base

a condiciones prescritas por sus fabricantes. Cuando un automóvil es alineado correctamente, el mismo va a movilizarse mucho más suave y mantendrá un agarre con el asfalto más apropiado haciendo que la durabilidad de sus neumáticos será extendida. En la Figura 11, se indica el proceso de alineación en un taller de servicio automotriz.

Figura 11

Verificación de alineación de un vehículo



Nota. El gráfico muestra el vehículo con un equipo de alineación.

Es importante mencionar algunos puntos cuando debe ser alineado el vehículo:

- Cuando haya un cambio de neumáticos
- Presencia irregular de desgaste
- Cuando se realiza un mantenimiento correctivo en el sistema de dirección o suspensión del vehículo.
- Cuando el vehículo no se desplaza en línea recta
- Presencia de vibraciones en el volante al conducir

- Considerando los 20000 km de su última alineación

Neumáticos

Son elementos de caucho elaborados bajo ciertos parámetros, ya que deben cumplir con un estándar de fabricación para ser utilizados en diferentes tipos de terreno, el cuál conjuntamente está acoplado a un aro y será colocado finalmente en la mordaza del vehículo. El neumático es la parte “neumática” de la rueda que se monta en la llanta y permite mantener en su interior el aire a presión. El neumático debe garantizar una buena adherencia a la calzada y sobre cualquier tipo de pavimento, transmitir las fuerzas del vehículo y ser resistente al desgaste. (Domínguez & Ferrer, 2013)

Composición

Para fabricar un neumático debe cumplir con ciertos requerimientos, ya que serán elaborados con un cierto número de elementos para satisfacer las necesidades que vaya a ejercer el conductor. Para ello en la Figura 12, se menciona algunas de las características de los neumáticos. Se afirma que “Los neumáticos influyen de forma sustancial en el comportamiento dinámico del vehículo; por tanto, deben poseer características muy diversas”. (Rodríguez et al., 2004, p. 29)

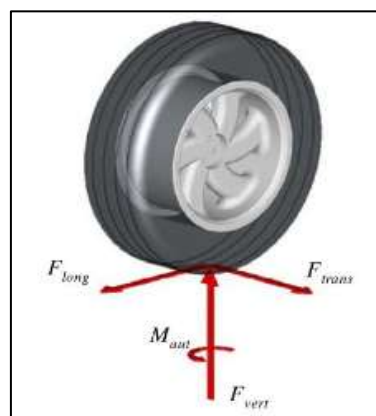
El neumático está formado por una carcasa con capas de diferentes tejidos recubiertas de goma y compuestas de caucho vulcanizado. Dependiendo de estos elementos, el neumático adquiere diferentes propiedades de agarre, duración, resistencia. (Domínguez & Ferrer, 2013)

Figura 12*Formación del neumático*

Nota. El cuadro indica porcentualmente los elementos que conforman al neumático. Tomado de *Tratamiento de neumáticos usados, 2021, TNU*

Comportamiento dinámico del neumático

Para el estudio del neumático se toma en cuenta las diferentes fuerzas que lo conforman sean verticales, horizontales o longitudinalmente que estarán presentes en todo momento, y que se indican en la Figura 13. (Luque Rodríguez et al., 2004)

Figura 13*Fuerzas actuantes sobre la rueda*

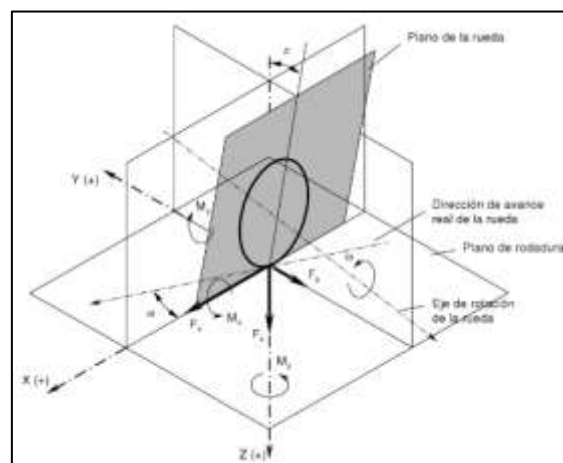
Nota. El gráfico representa las fuerzas actuantes sobre la rueda. Tomado de Sistemas y Comportamiento Dinámico. (p.47), por P, Luque et al, 2004, Paraninfo

El sistema principal que va a describir los ejes presentes en la rueda se van a detallar a continuación. En la figura 14, se describen el sistema de referencia de un neumático.

- Eje X. Desplazamiento horizontal de la rueda con respecto a los terminales y brazos axiales.
- Eje Z. Con respecto al movimiento de avance existente en el amortiguador.
- Eje y. Será definido a través de la caída del neumático en valores negativos y positivos.
- El origen del sistema será definido al ajuste correcto de los elementos integrados para la geometría.

Figura 14

Sistema de referencia de un neumático



Nota. El cuadro representa los ejes y momentos de un neumático. Tomado de sistemas y comportamiento dinámico. (p.48), por P, Luque et al, 2004, Paraninfo

Programación

La programación es el proceso de escribir, diseñar, codificar y mantener instrucciones que una computadora u otro dispositivo electrónico puede seguir para llevar a cabo una tarea específica. Estas instrucciones, escritas en lenguajes de programación, permiten que las máquinas realicen diversas acciones, resuelvan problemas o procesen datos de acuerdo con las necesidades del programador.

En esencia, la programación es el arte de decirle a una computadora qué hacer mediante el uso de un conjunto de comandos y algoritmos. Los programadores utilizan lenguajes de programación como Python, Java, C++, JavaScript, entre otros, para comunicarse con la máquina y crear programas o aplicaciones que resuelvan problemas, automatizar tareas, crear juegos, sitios web, software empresarial y una amplia gama de otras aplicaciones. El proceso de programación generalmente implica varias etapas, que incluyen la identificación del problema a resolver, el diseño de una solución algorítmica, la codificación de esa solución en un lenguaje de programación, la compilación o interpretación del código, la ejecución y pruebas del programa para garantizar que funcione correctamente y, finalmente, el mantenimiento y actualización del software a lo largo del tiempo. La programación es una habilidad valiosa en la era digital, ya que prácticamente todos los aspectos de nuestra vida están influenciados por el software y la tecnología. Desde dispositivos móviles y electrodomésticos inteligentes hasta sistemas complejos utilizados en la industria y el sector empresarial, la programación desempeña un papel fundamental en la creación y funcionamiento de estas tecnologías.

Interfaz HMI Nextion

Las pantallas Nextion cuentan con un microcontrolador integrado que permite realizar una parte del procesamiento de la interfaz de usuario, lo que alivia la carga del microcontrolador principal del proyecto. En la figura 15, se muestra la interfaz Nextion. (Rossano, 2009)

Figura 15

Software Nextion para la creación de las diferentes pantallas



Nota. El gráfico representa el software Nextion para la creación de las diferentes pantallas. Tomado de Electrónica y microcontroladores. PIC (p.517), por F, Granados, 2007, GAMMA CONSULTING

La pantalla ha sido ampliamente utilizada en proyectos donde se requiere una interfaz gráfica de usuario fácil de desarrollar y personalizar, como controladores de temperatura, proyectos de automatización del hogar, sistemas de monitoreo, estaciones meteorológicas y más. La figura16, muestra la pantalla HMI.

Figura 16

Pantalla HMI Nextion de 7"



Nota. Tomado de Tienda Virtual (ELECTROSTORE, s.f.)

Módulo ESP32

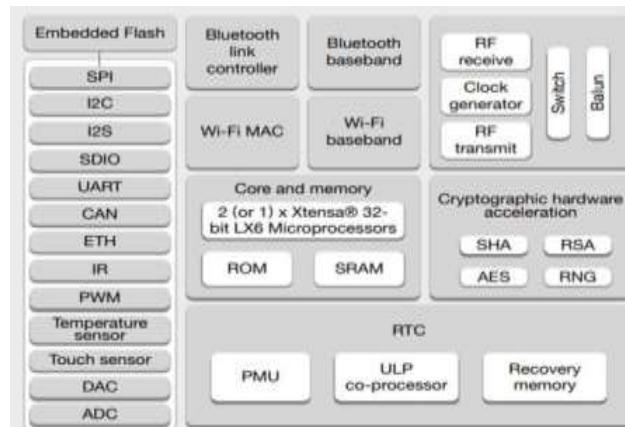
“De una manera más común ESP32 utiliza un sistema operacional en tiempo real (o en cómo se encuentra más comúnmente en la literatura extranjera, Real – Time Operating System)”.

(Bertoletti, 2019, p.15)

Su función va permitir la comunicación de mediano alcance y ocasionar que interfiera directamente hacia otros módulos como es este el caso para que exista la recepción de datos para poder monitorear constantemente la variación de los ángulos dirección del vehículo. En la Figura 17, se indica el módulo a utilizar para cada uno de los sensores.

Figura 17

Poner en marcha MicroPython ESP32/ESP8266

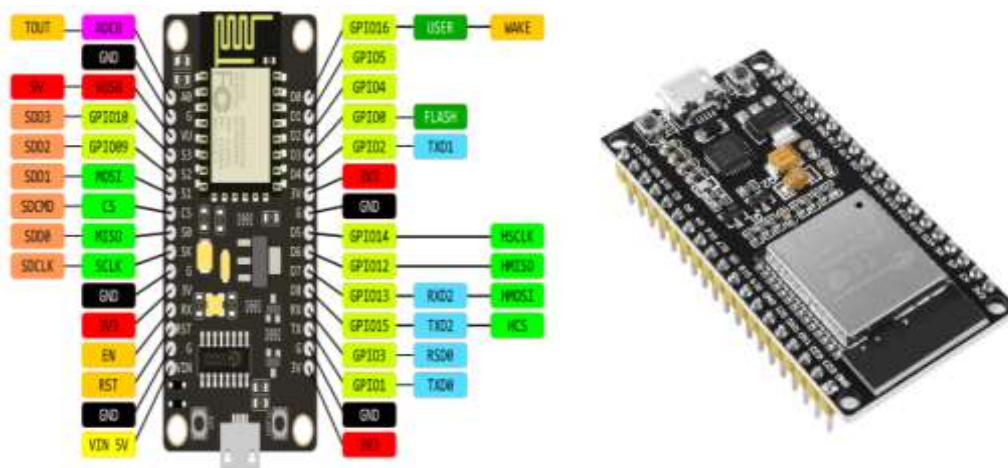


Nota. El cuadro figura el diagrama del bloque ESP32. Tomado de Proyectos con ESP32 y LORA (p.13), por P, Bertoleti, 2019, Instituto NCB

En la Figura 18, se muestra aquellos pines que conforman a la ESP32 los cuáles serán las encargadas de recibir y enviar los datos necesarios de un componente a otro, además cada uno de ellos será puesto en funcionamiento por la programación realizada para la misma.

Figura 18

Numeración ESP32



Nota. El representa los pines de la ESP32 el cual se asignan de forma predeterminada. Tomado de Proyectos con ESP32 y LORA. (p.18), por P, Bertoleti, 2019, Instituto NCB

Tira LED RGB

Son tiras flexibles formadas por un determinado número de Led conectados por tramos. Se utiliza en decoración y como sistema de luz indirecta. Tienen la ventaja, sobre otros tipos de lámparas, que pueden adaptarse a cualquier superficie y contraste según las necesidades, sin perder sus características eléctricas.(Castillo et al., 2022)

LED RGB significa diodo emisor de luz rojo-verde-azul. Se refiere a un tipo de LED (Light Emitting Diode) que es capaz de emitir luz en los tonos: rojo, verde y azul. Estos tres colores se pueden combinar de varias maneras para producir una amplia gama de colores y tonos. En la tabla 3, se observa las aplicaciones que tiene la tira led RGB. En la figura 19, se muestra cómo se conecta la tira led RGB.

Tabla 3

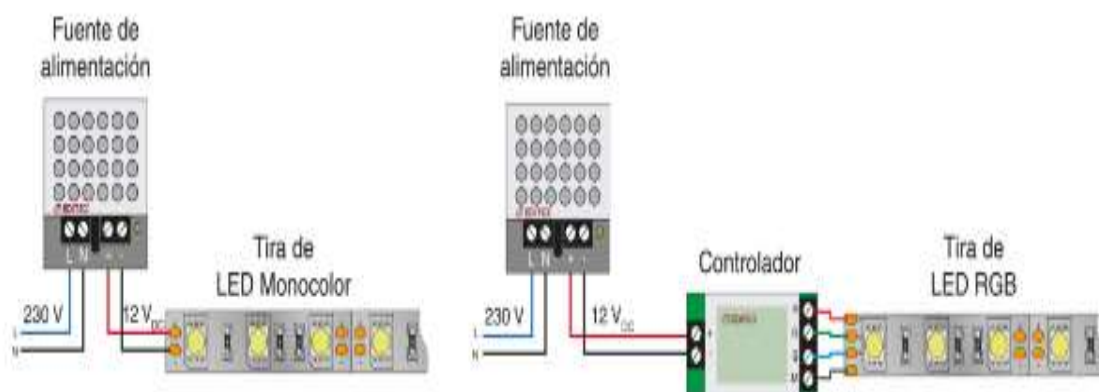
Aplicaciones de la tira led RGB

N °	Aplicaciones	Descripción
1	Iluminación colorida	Los LED RGB se utilizan a menudo en iluminación decorativa, iluminación arquitectónica e iluminación de entretenimiento para crear efectos de color vibrantes y dinámicos.
2	Pantallas	Los LED RGB se pueden usar en pantallas y pantallas LED para producir imágenes y videos a todo color
3	Iluminación ambiental	Los LED RGB se utilizan en algunos periféricos de computadora y equipos de juego para proporcionar opciones de retroiluminación personalizables
4	Retroiluminación	Los LED RGB se utilizan en algunos periféricos de computadora y equipos de juego para proporcionar opciones de retroiluminación personalizables.

Nota. La tabla representa las aplicaciones en las que se ocupan las tiras led RGB con su respectiva descripción.

Figura 19

Ejemplos de conexión de una tira led monocolor y una tira RGB



Nota. El gráfico se puede visualizar ejemplos de conexión de una tira led monocolor y una tira RGB. Tomado de Instalaciones Eléctricas y Domesticas. (p.155), por J Castillo et al, 2022, EDITEX

Acelerómetro MPU 6050

“El sensor de 3 ejes sería el MPU-6050. Funciona con voltajes comprendidos entre 3 V y 5 V, y este es capaz de señalar los valores de inclinación sobre los ejes X, Y, Z además de obtener valores de aceleración”. (Escribano Guijo, 2021)

Su grado de eficiencia es altamente preciso ya que está integrado un hardware de conversión analógica o digital de 16 bits para cada canal. En la figura 20, se puede observar pines y el acelerómetro MPU6050. Es importante mencionar que este sensor trabaja en los 3 ejes que viene siendo “X”, “Y” y “Z” al mismo instante.

Figura 20

Acelerómetro MPU 6050



Nota. Tomado de Tienda Virtual. (ELECTROSTORE, s.f.)

Capítulo III

Diseño y construcción del sistema

Para la implementación del sistema de control y monitoreo de la dirección del vehículo, en el siguiente apartado se va explicar el proceso por el cuál fue sometido el proyecto presente para el diseño y construcción del mismo, con los elementos electrónicos y desarrollo de los elementos mecánicos para su instalación en el vehículo.

Diseño Conceptual

Se va realizar el diseño del sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la geometría de la dirección del vehículo, de manera que se va tomar en cuenta todas aquellas necesidades que este sistema lo requiera. De esta manera, se analiza como un sistema nuevo. Por lo tanto, se detallará en los siguientes puntos, el criterio de diseño de cada parte que conforma al sistema.

Necesidad

Para el siguiente proyecto de investigación la necesidad de poder implementar el sistema, a más de conocer los parámetros de funcionamiento acerca de la geometría del vehículo. Se basa principalmente en informar al conductor sobre el estado del sistema de suspensión y dirección que conforman a la geometría del vehículo, para realizar mantenimientos preventivos y que en casos mayores pueden llegar a daños irreversibles de componentes de la dirección.

Requerimientos

Las exigencias que debe cumplir el sistema, es que este conformado por elementos electrónicos de alta duración a temperaturas ambientales variables, así como también, tamaños reducidos para que su construcción sea mucho más sencilla. Ya que, la estructura del sistema estará conformada por un diseño en impresión 3d (Plástico) y deberá ser totalmente liviano, a su vez, reduciendo el espacio que será utilizado para su implementación. Es importante, considerar el lugar que será incorporado el monitor ya que se busca que el mismo no interrumpa la visibilidad del

conductor y cause distracciones que puedan provocar accidentes. Finalmente, este sistema deberá cumplir con alertar sobre algún desperfecto en la geometría del vehículo.

Restricciones

Del mismo modo se consideró ciertas restricciones que deberán ser tomadas en cuenta para la construcción del sistema, tal como el costo que deberá ser accesible para futuros usuarios en el mercado, ya que se busca que los propietarios de vehículo busquen un sistema que ayude a controlar, monitorear y alertar sobre los ángulos de desfase que existe en la geometría original de su vehículo. También, se estima que el tamaño de cada uno de los sensores no sea de un tamaño excesivo, ya que su implementación será realizada en todo tipo de vehículos con la finalidad de mantener informado constantemente al conductor sobre el estado de la geometría de la dirección del vehículo.

Ideas de diseño

Después de realizar un debate se planteó una idea principal para el sistema de control, alerta y monitoreo a la geometría del vehículo, el cual deberá poseer sensores de comunicación a partir de WI-FI por medio de un módulo y que sus datos sean mostrados en una pantalla. También, que sea de fácil entendimiento y que se encuentre un punto de fácil acceso al conductor. Así mismo, sus alertas sean transmitidas de manera directa hacia al conductor por lo que es importante mencionar una alerta visual, vibracional y sensorial que remitirán la información cuando alguno de sus sensores haya superado un grado de inclinación excesivo.

Alternativas de diseño

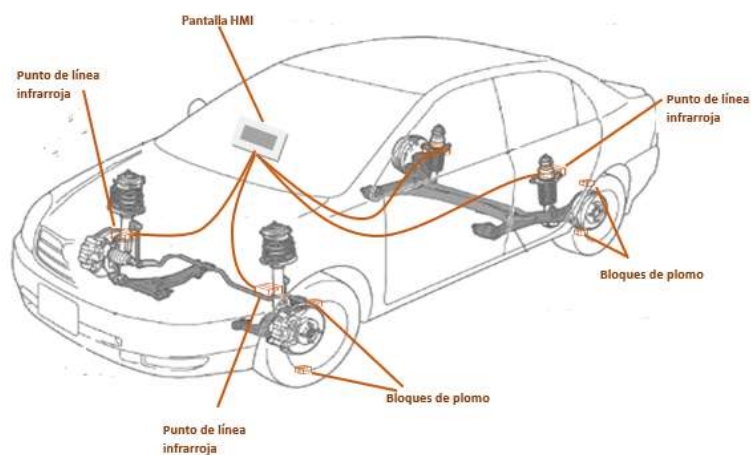
Para el proyecto de investigación se planteó diferentes alternativas que ayudan al diseño del sistema, con la finalidad de que cumpla con las necesidades antes mencionadas, que serán evaluadas más adelante para su selección.

Primera Alternativa

En un inicio se considera que la comunicación que debe existir en el sistema sea a partir de sensores infrarrojos para determinar un punto centro en los ejes del vehículo con la finalidad de realizar un monitoreo entre estos puntos de referencia y determinar un grado de inclinación que podía existir en el sistema. También, su sistema de monitoreo sería realizado en una pantalla Android que sea funcional para realizar programación en Arduino en un solo componente como en el radio, y sus sistemas de alerta sean de apreciación sencilla para el conductor sin necesidad de buscar interrumpir su conducción. El sistema de alerta temprana estaría integrado por unos leds de tono rojo para mostrar al conductor que rueda del vehículo esta desalineada y necesita ser llevado a un centro automotriz para un mantenimiento preventivo o correctivo del sistema. En la figura 21 se muestra la alternativa 1.

Figura 21

Alternativa 1



Nota. En el diagrama el esquema de un vehículo y donde se conformaría los componentes necesarios que necesita la alternativa 1.

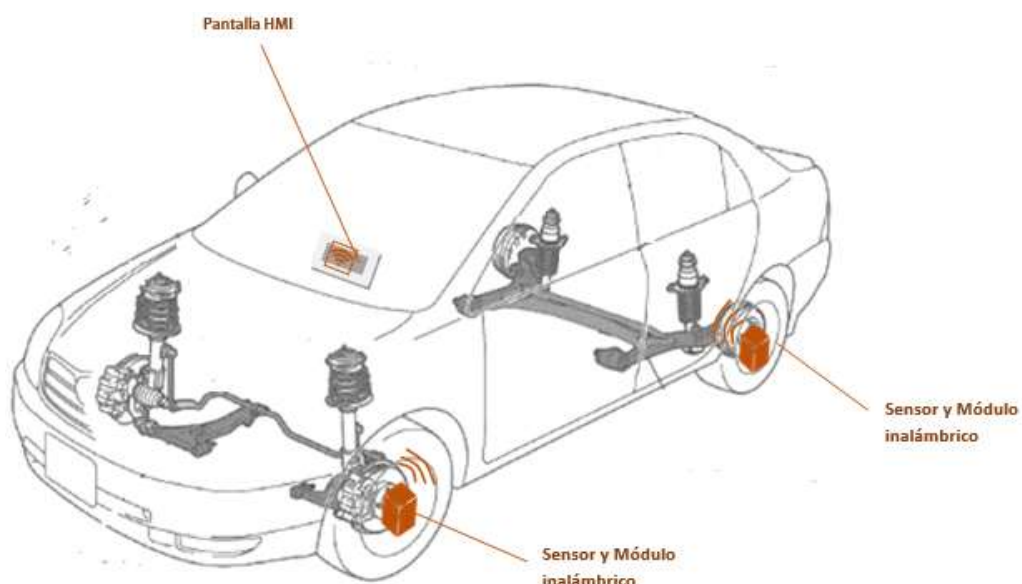
Segunda Alternativa

Para la alternativa número dos se manifestó utilizar ya los sensores de comunicación por Wi-Fi ya que serían de mayor emisión y recepción de los datos para el control constante del sistema, puesto que serían colocados cuatro sensores en cada una de las ruedas. Además, su pantalla será colocada en el contador del vehículo para que el conductor tenga una mayor visibilidad del sistema. Es importante mencionar aquello, ya que sus datos serán reflejados en todo momento y el conductor buscará estar informado de manera constante acerca del estado de la geometría de la dirección de su vehículo. En la figura 22 se ilustra la alternativa 2.

Su sistema de alerta estará conformado por un led visual que se indica en la pantalla implementada, un mensaje que muestra una alerta hacia al operario, también se haría el uso de un buzzer para que moleste la conducción del vehículo.

Figura 22

Alternativa 2



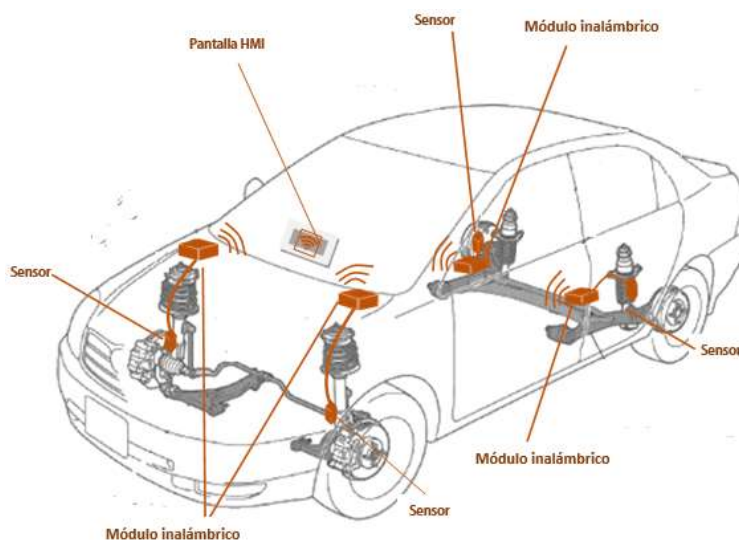
Nota. En el diagrama se muestra donde se conformaría los componentes necesarios que necesita la alternativa 2.

Tercera Alternativa

Finalmente, para la última alternativa se optó por colocar los sensores del módulo de medición del ángulo, separados por el espacio que sería totalmente reducido para colocarlas en un punto central del automotor. Entonces, se analiza el espacio disponible que existe entre las ruedas y los componentes que conforma a la suspensión y dirección del vehículo AVEO ACTIVO 1.6, año 2009. Para el sistema de alerta se planteó colocar una tira led de mayor iluminación para que muestre al conductor el comportamiento que está atravesando su vehículo durante una etapa de conducción y poder informar sobre su estado. Además de que el mismo también estará integrado por motores vibradores en el asiento del conductor y mensajes de alerta temprana. Además, el sistema de monitoreo estará conformado por cinco pantallas que ayudan a la evaluación de los tres ángulos principales de monitoreo sea el caso de Camber, Caster O Toe que podrán ser seleccionados con respecto a su necesidad.

Figura 23

Alternativa 3



Nota. En el diagrama se muestra el esquema de un vehículo donde se conformaría los componentes necesarios que necesita la alternativa 3.

Evaluación de Alternativas

Es importante para la selección de las alternativas, realizar una tabla que ayuda a determinar la mejor opción a partir de cumplir ciertos parámetros de funcionalidad y accesibilidad para que cumpla con las necesidades solicitadas para su funcionamiento. En la tabla 4, se detalla los parámetros de evaluación para cada uno de las alternativas antes mencionadas.

Tabla 4

La siguiente tabla recopila información para evaluar las alternativas

Parámetros	Primera Alternativa	Segunda Alternativa	Tercera Alternativa
Funcionalidad	Ambar	Rojo	Verde
Disponibilidad de Materiales e Insumos	Ambar	Ambar	Verde
Costo	Ambar	Verde	Verde
Facilidad de Montaje	Verde	Ambar	Ambar

Nota. Esta tabla se muestra una serie de colores tal como, rojo: mala opción, amarillo: buena opción y verde: excelente opción que ayudarán a determinar si cumple con los parámetros de requerimiento para la constitución del sistema.

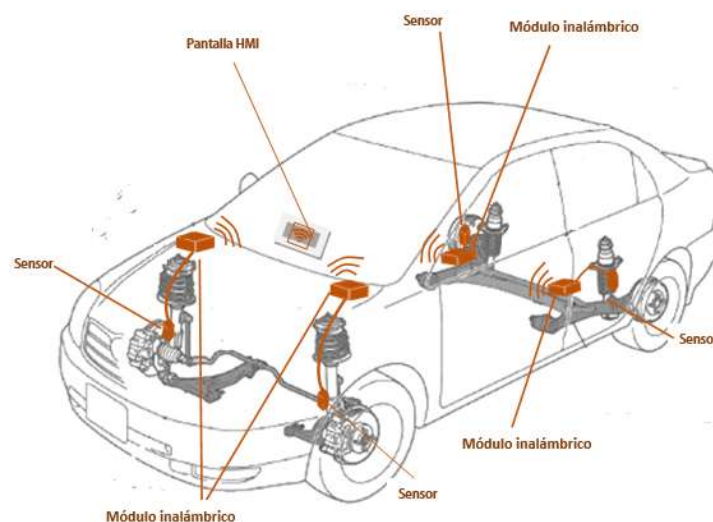
Selección de Alternativa

Una vez realizada una evaluación de operabilidad de las alternativas antes mencionadas se determinó una calificación a partir de colores por medio de los autores. Es por ello, que la tercera

alternativa fue de más relevancia ya que se podía adquirir de manera mucho más sencilla los componentes que conformarían al sistema de control, monitoreo y alerta temprana de la geometría de la dirección del vehículo. Aunque, fue importante considerar una de las ideas de las dos alternativas antes mencionadas para complementar a la tercera alternativa con la finalidad de que sea un sistema mucho más seguro, eficiente y confiable para el usuario del vehículo. En la Figura 24, se detalla la posición de los sensores en el vehículo.

Figura 24

Alternativa seleccionada



Nota. En el diagrama se muestra el esquema de un vehículo y donde se conformaría los componentes necesarios que necesita la alternativa 3.

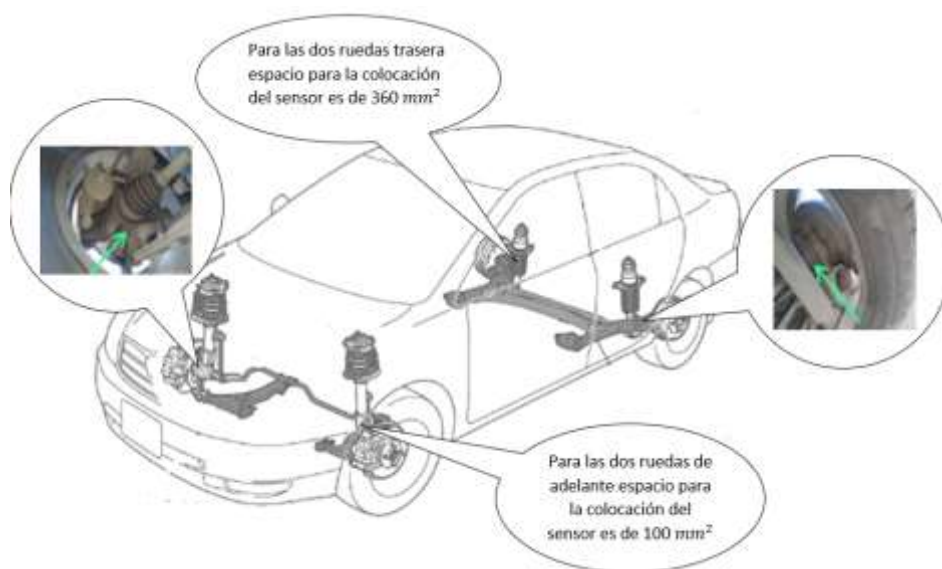
Posicionamiento

En este apartado se considera el espacio comprendido donde se puede ubicar el sensor, es muy importante la ubicación del sensor para lograr que este monitoree los ángulos de inclinación. También se debe destacar el espacio reducido y los componentes que conforman el sistema de dirección para no interferir con ninguno de estos componentes y el sistema implementado sea lo más eficiente posible. Para ello es primordial tener en cuenta un lugar específico el cual ayudara a

poner en marcha el diseño del mismo. De manera que, la Figura 25 muestra las dimensiones disponibles para colocar los sensores. En la tabla 5, las dimensiones que cuenta el sistema de dirección para el posicionamiento del sensor.

Figura 25

Áreas de las superficies que podemos encontrar en el sistema de dirección.



Nota. El gráfico se puede visualizar los espacios disponibles que cuenta el sistema de dirección.

Tabla 5

Tabla del espacio disponible para la ubicación del sensor en el vehículo.

Tipo de medidas	Ruedas delanteras	Ruedas traseras
Longitud	50 mm	60 mm
Altura	20 mm	80 mm
Profundidad	50 mm	50 mm

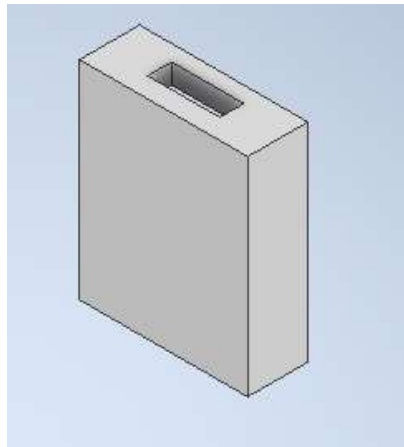
Nota. En esta tabla fue considerado los espacios con el que puede ser ubicado el sensor.

Geometría

La geometría del sensor es un aspecto muy importante en cuenta ya que al sensor que se coloque en el sistema debe cumplir con los parámetros de dimensionamiento del espacio disponible en el automotor. Además, este tendrá una carcasa como la Figura 27, el cual aumentará su volumen por ello se debe considerar este factor para la aplicación de la geometría de la carcasa en el sensor.

Figura 26

Diseño de la carcasa del sensor acelerómetro MPU6050



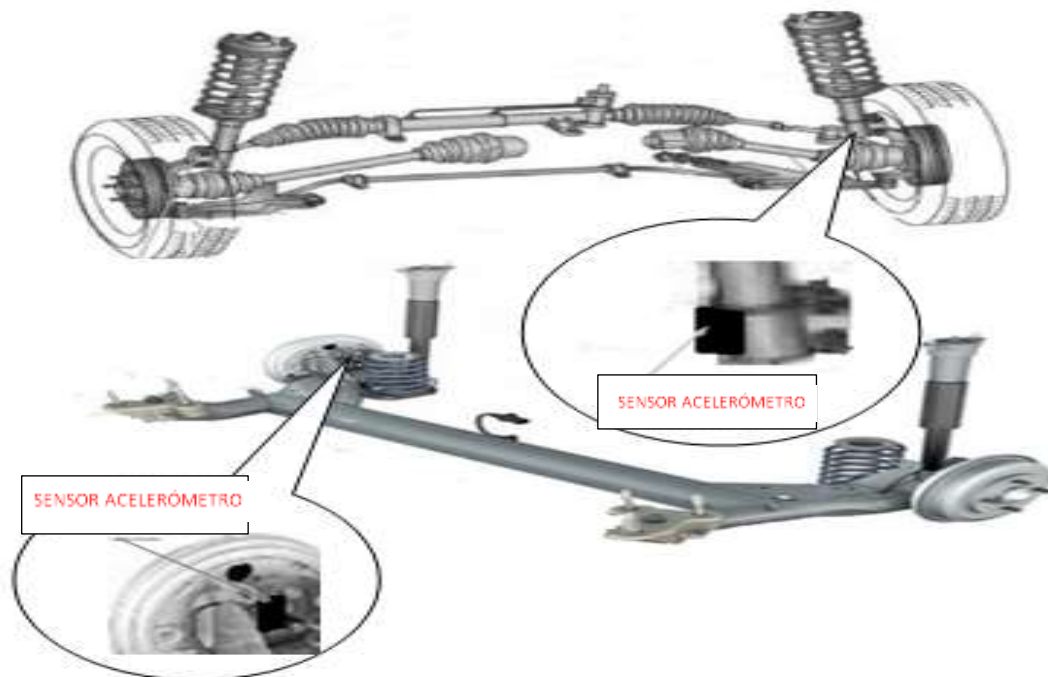
Nota. El gráfico el diseño de la carcasa del sensor acelerómetro MPU6050.

Diseño final

En este punto se debe tomar en cuenta la dimensión y la geometría donde se coloca el sensor. Se debe tener en cuenta que el sensor es un elemento muy importante en el sistema ya que este sensor encabezará la comunicación del estado en que se encuentre la geometría de la dirección del vehículo. Para su diseño se contará con un módulo inalámbrico que le ayude al sensor a enviar los datos que este detecte y a su alimentación. Para ello, el diseño final del sensor en las cuatro ruedas tendrá cada uno de ellos un módulo inalámbrico cerca del sensor como indica la Figura 28.

Figura 27

Esquema de la colocación del sensor



Nota. El gráfico representa de la colocación del sensor acelerómetro en la geometría de dirección del vehículo en las llantas delanteras y traseras.

Diseño del sistema

Se debe tener en cuenta que el sistema va a contar con un sistema de monitoreo fundamental para determinar en tiempo real los ángulos de la dirección, un sistema de alerta que se enciendan cuando detecte una irregularidad, y un control para la protección del conductor y de los componentes que integran el sistema de dirección. Adicionalmente el sistema se conecta a través de una red inalámbrica por lo que el sensor depende de módulos inalámbrico que envían la señal desde este elemento.

Diseño del sistema de monitoreo

En sistema de monitoreo es crucial ya que se lo toma en cuenta para que proporcione una visión en tiempo real del funcionamiento y el rendimiento del sistema. Para ello, se considera la posibilidad de incluir una pantalla HMI que garantice el funcionamiento eficiente, seguro y confiable de los datos provenientes de los sensores colocados en las ruedas del vehículo. Se debe considerar que esta pantalla, está ligada al receptor de datos que enviaran los sensores de la rueda, para ello se debe considerar que, en este punto, la pantalla necesita de un espacio que le facilite visualizar al conductor de forma segura el monitoreo del sistema y un espacio adecuado para contener el receptor de señales inalámbricas de los sensores; el mismo que controla el monitoreo, el control y las alarmas que necesita todo el sistema.

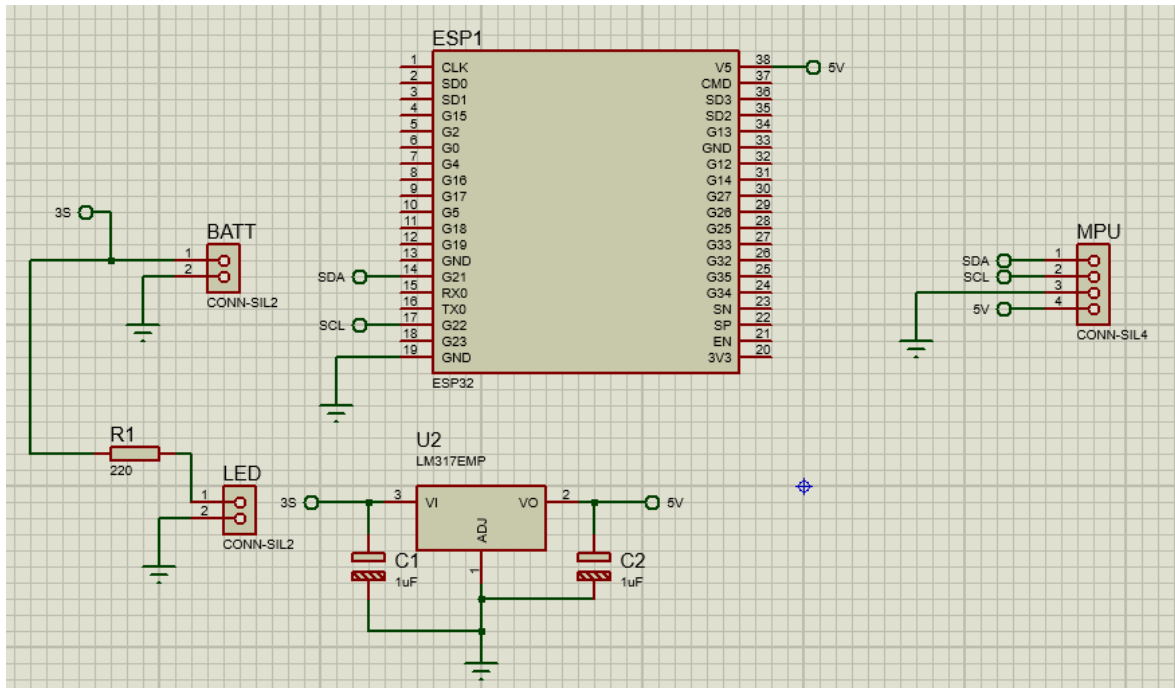
Diseño de los módulos maestros

Para el diseño de los módulos maestros se toma en cuenta que el sensor necesita enviar una señal inalámbrica a un receptor, y para ello, es necesario realizar un módulo maestro que envíe la señal del sensor y enviar los datos de este. Los sensores al ser pequeños y puedan estar en la línea de la rueda del vehículo, se encuentren ligados por un cableado al módulo inalámbrico y estos dos conforman el módulo maestro para lograr enviar la señal del sensor a un único módulo esclavo receptor de las señales. En la Figura 29, se presenta el diseño del módulo maestro.

Para el diseño del módulo maestro se organiza los elementos que debe contar este sistema para funcionar y se lo realiza en un programa de simulación. Esto ayuda a tener una idea clara de los elementos necesarios que conformaran el módulo maestro.

Figura 28

Diseño del módulo maestro



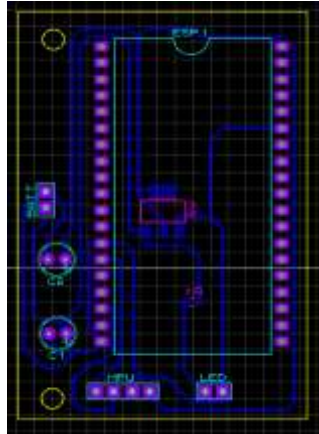
Nota. El gráfico representa el diseño del módulo maestro.

Diseño de la PCB para el módulo maestro

Este diseño ayuda a que el circuito sea lo más compacto posible, en el cual se albergara las baterías de iones de litio con el ESP32 y el regulador de voltaje. En la Figura 30, se muestra la figura de la placa PCB.

Figura 29

Diseño de la placa PCB.



Nota. El cuadro enseña el diseño de la placa PCB.

Diseño del módulo esclavo

Para el diseño del módulo esclavo, se consideró que este debe realizar la tarea de recolectar los datos enviados de las cuatro ruedas del vehículo y dará paso a interpretar los datos para lograr realizar una activación de los sistemas que permitan dar aviso al conductor de algún fallo en la geometría de dirección del vehículo.

Para eso, se debe considerar que este módulo se coloca dentro del vehículo para que este transmita al sistema de monitoreo, al sistema de alarma y al sistema de control. Esto quiere decir, que el módulo esclavo que se seleccione cuenta con una tarjeta apta para recibir las señales de los módulos maestros y apta para dirigir los sistemas que se aplicaran dentro del vehículo para proteger la geometría de la dirección.

Diseño del sistema de alerta temprana

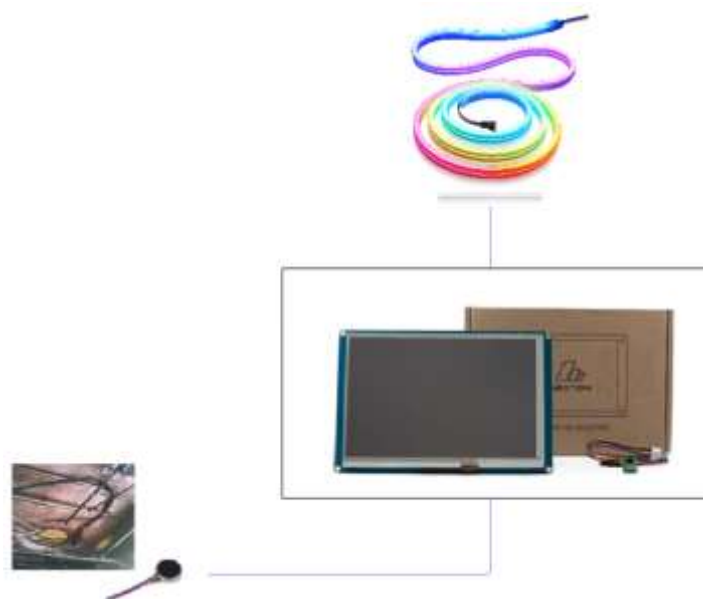
Se considero para el sistema de alerta temprana dos diferentes tipos de alarmas que ayudan al conductor a revisar los ángulos que conforman la dirección; para ello se selecciona una alarma visual y otra sensitiva. Una alarma visual y sensorial se pensó principalmente porque son

especialmente útiles en entornos ruidosos como por ejemplo si el conductor se encuentra escuchando música, por algún destello o una vibración, se puede alertar al conductor de problemas en la geometría de la dirección.

La alarma visual se considera como un dispositivo de seguridad que utiliza señales visuales, como luces intermitentes, destellos o colores llamativos, para alertar o advertir a las personas sobre una situación o condición específica. La alarma sensorial se considera un dispositivo que se active en respuesta a estímulos, como una vibración de forma que el conductor tenga una detección sensorial, cuando la dirección del vehículo se encuentre en una posición específica.

Figura 30

Diseño del sistema de alerta



Nota. El gráfico indica los componentes que conforman el sistema de alerta.

Diseño del sistema control

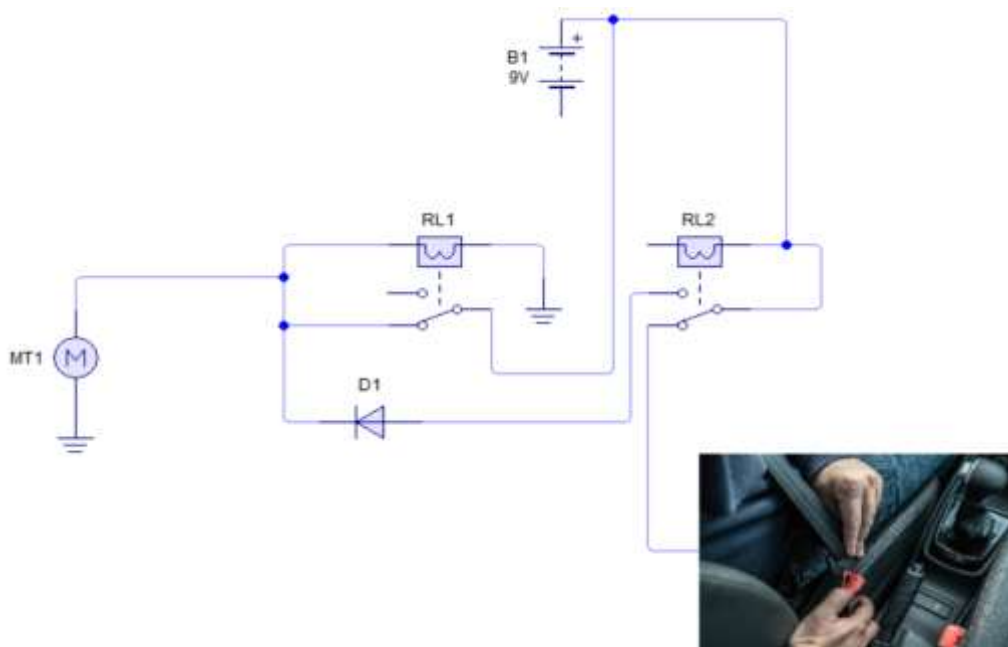
Para el sistema de control se considera primero la seguridad del conductor, la automatización que este debe llevar, y el mantenimiento de la calidad del sistema general. Estos

fueron aspectos fundamentales para orientar al sistema de control y brindar una funcionalidad eficiente, segura y confiable. La seguridad del conductor es muy importante, por ende, se consideró tomar en cuenta el riesgo de que los ángulos de la dirección muestren un patrón erróneo, y en ese caso, el vehículo no pueda dar arranque.

La autonomía del sistema planteó informar al conductor dando mensajes de alerta del riesgo al tener un manejo inestable, o para prevenir el desgaste prematuro de la suspensión y dirección del vehículo. Se planteó realizar un sistema que permita resetear el circuito para tener una medición exacta y brindar un seguimiento de su deformación cuando al vehículo se lo lleve a una alineadora. En la Figura 28, se presenta el diagrama eléctrico del sistema de control.

Figura 31

Esquema de Funcionamiento del sistema de control



Nota. Circuito eléctrico para el corte de corriente al cinturón de seguridad.

Diseño de componentes mecánicos

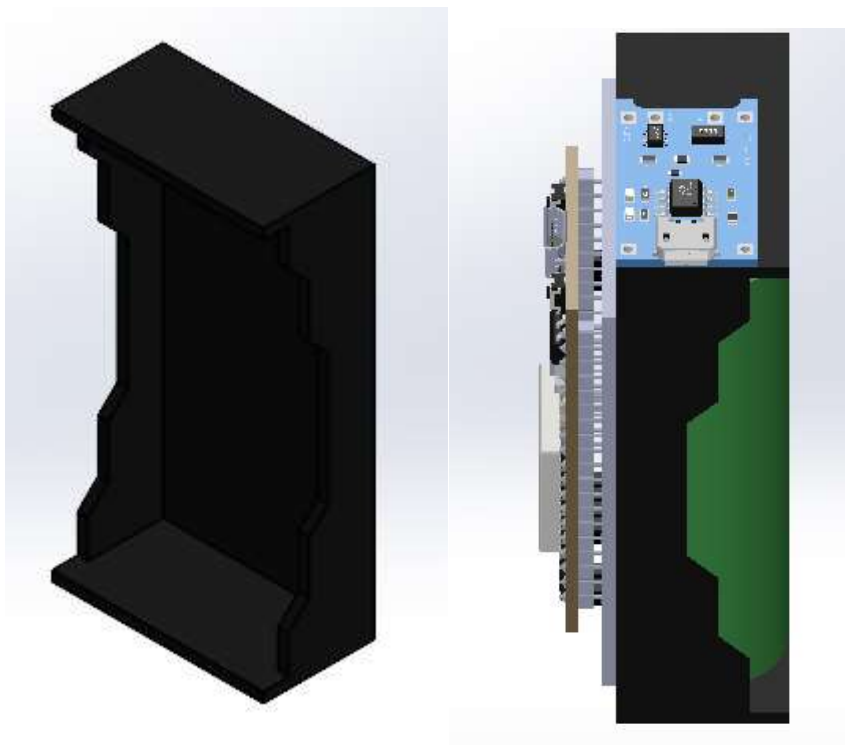
En el siguiente apartado se da a conocer el diseño de los elementos que van a contener los componentes electrónicos del sistema implementado al vehículo. Para ello y con ayuda de un software de diseño, se toma en cuenta el espacio disponible en el vehículo y de los elementos del sistema para tener una carcasa que se acople al vehículo y proteja los componentes.

Diseño de la carcasa del módulo maestro

Por medio del software de diseño se obtiene una estructura que integre la batería, el regulador de voltaje y la placa PCB; y de esta manera para obtener un módulo compacto, que corra el riesgo de un mal contacto de componentes, tal como muestra la Figura 32.

Figura 32

Diseño de la carcasa interna del módulo maestro

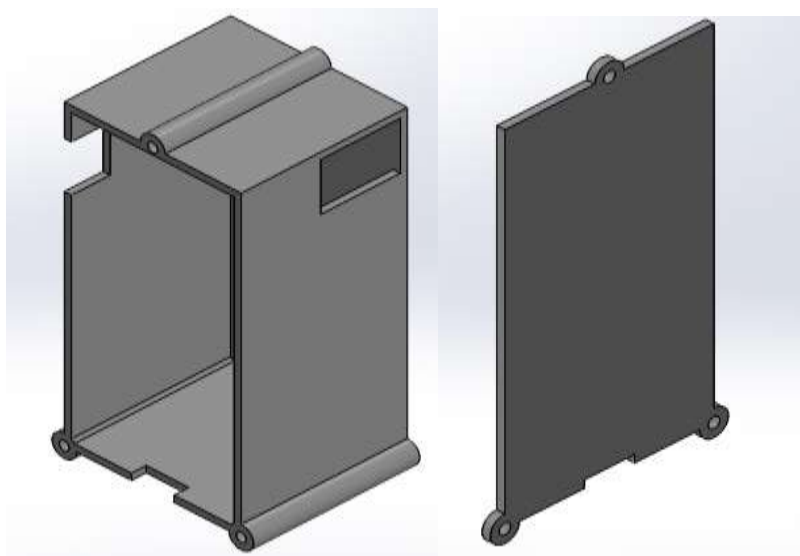


Nota. La ilustración señala la carcasa interna para la conformación de componentes en el módulo maestro.

Este módulo debe tener una carcasa externa, debido a que es necesario proteger el circuito, para ello se realizó el diseño de la carcasa externa de los módulos maestros tal como se ilustra en la Figura 33.

Figura 33

Diseño de la carcasa externa del módulo maestro



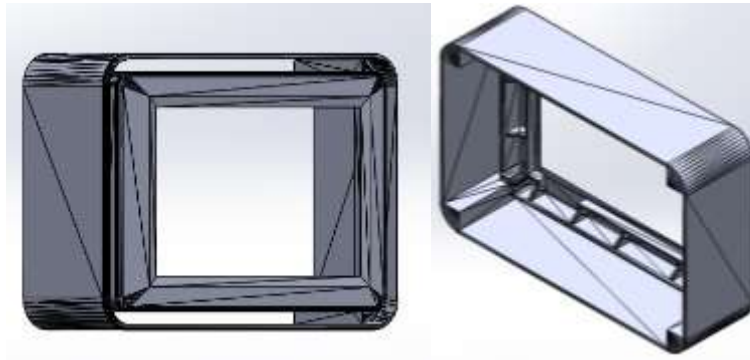
Nota. El cuadro expone la carcasa externa para la protección de componentes en el módulo maestro.

Diseño de la carcasa de la pantalla HMI

En la construcción de la carcasa de la interfaz HMI que se detalla en la Figura 34, es importante considerar el espacio disponible en el vehículo, para que no interrumpa la visibilidad del conductor al conducir, pero, sobre todo, que anuncie de manera breve si alguno de los ángulos esta erróneo y necesita ser corregido previamente antes de que tenga un mayor desgaste.

Figura 34

Diseño de la carcasa de la pantalla HMI



Nota. La imagen señala el diseño de la carcasa de la pantalla HMI.

Construcción del Sistema

Para continuar, en el siguiente punto previamente a la construcción del sistema se va realizar la selección de componentes, indicadas por tablas para cada uno de los sistemas.

Selección de Componentes

Elementos seleccionados para el monitoreo

A continuación, una vez seleccionados los componentes para los sensores emisores se realiza la selección de la Interfaz HMI. Esto para monitorear constante a los mismos durante el movimiento del vehículo, desde un punto de partida a un punto de llegada, y así evaluar si sus ángulos han variado durante este lapso. Para ello es importante incluir una pantalla HMI Nextion 7", unESP32, el controlador de Voltaje, los capacitores y las resistencias, tal como se detalla en la Tabla 9.

Tabla 9

Tabla de componentes que conforman el sistema de monitoreo

Numero	Componente	Característica	Imagen
1	Pantalla HMI Nextion 7"	Es un dispositivo de interfaz humana-máquina (HMI) desarrollado por ITEAD Studio. La serie Nextion es conocida por sus pantallas táctiles y amigables con el usuario que permiten a los diseñadores crear interfaces gráficas interactivas.	
2	Regulador de voltaje	Se aprovecha para mantener un voltaje constante en un circuito eléctrico, independientemente de las fluctuaciones del voltaje de ingreso o de las variaciones en la carga.	
3	Capacitores	Los condensadores son elementos que se valen de electrónica y los circuitos eléctricos. Tienen el talento de almacenar y liberar carga, que les permite desempeñar una variedad de funciones en circuitos y sistemas.	
4	ESP32	El ESP32 tiene dos núcleos de procesamiento, lo que permite ejecutar múltiples tareas simultáneamente y mejorar el rendimiento en comparación con microcontroladores de un solo núcleo.	



Nota. La tabla muestra los elementos que conforma el sistema de monitoreo.

Elementos seleccionados para la alarma

Los elementos que van a funcionar dentro del sistema de alarma, y que se detalla en la tabla 8, son una luz Led que dará aviso al conductor del estado de los elementos de la dirección durante un transcurso de viaje, y los sensores vibracionales que son colocados en la parte inferior del asiento para dar una alerta de que existe variación de un grado de inclinación excesivo, los mismos que serán activados cuando superen los 7° durante un tiempo excesivo de posicionamiento.

Tabla 8

Tabla de componentes que conforman el sistema de alarma.

Numero	Componente	Característica	Imagen
1	Luz led RGV	Es un dispositivo de iluminación que utiliza los tonos (rojo, verde y azul) para crear una amplia gama de colores y tonos mediante la combinación de estas tres fuentes de luz.	
2	Mini motores vibratorios	Son dispositivos compactos que generan vibraciones mecánicas cuando se activan. Son empleados para movimiento vibratorio, como en dispositivos móviles, wearables, juguetes, alertas hápticas y más.	



Nota. La tabla muestra los elementos que conforma el sistema de alerta temprana.

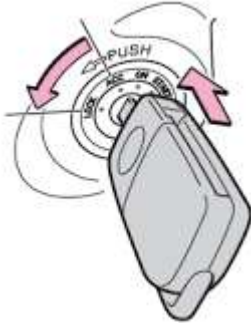


Elementos seleccionados para el control

En el diseño del sistema de control se emplea elementos que se incorporen en el vehículo, como se ilustra en la Tabla 7, que ayuden a salvaguardar la vida de sus ocupantes para ello fue importante colocar mensajes de advertencia, también, un módulo GSM para emitir mensajes al móvil del conductor como alerta para realizar una inspección general del sistema de dirección del automotor. Además, se utiliza dos relés, un diodo que son conectados al corte de corriente del vehículo para detallar si es seguro encender el vehículo o caso contrario dar un mantenimiento al sistema. Finalmente, se coloca un botón el cual permitirá resetear al sistema siempre y cuando el sistema haya sido corregido, el cual tendrá un tiempo de 5 segundos para poder colocarlo en posición 0.

Tabla 7

Tabla de componentes que conforman el sistema de control

Número	Subsistema	Componentes	Característica	Imagen
1	Sistema de seguridad	Relés	Son dispositivos electromecánicos utilizados para controlar la operación de circuitos eléctricos mediante el uso de una señal de entrada.	
	bloqueo del encendido del vehículo	Diodo	Son componentes electrónicos que permiten el flujo de corriente en una dirección específica y bloquean el flujo en la dirección opuesta.	

Número	Subsistema	Componentes	Característica	Imagen
		Interruptor de encendido del automotor	controla la activación y desactivación de la alimentación eléctrica en el sistema eléctrico del vehículo. Al girar la llave o activar el interruptor, se completa o interrumpe el circuito eléctrico, lo que permite el funcionamiento del motor y otros sistemas.	
2	Envió de mensaje al conductor	Módulo SIM800L para la comunicación	Diseñado para proporcionar capacidades de comunicación celular en aplicaciones de red.	
	por SMS al conductor	Antena para enviar SMS al conductor	Permite la comunicación a través de redes celulares GSM (2G) y GPRS para transferencia de datos. Estas antenas están diseñadas específicamente para la comunicación a través de redes GSM y GPRS, que son las utilizadas para enviar SMS y datos a través de la red celular.	

Número	Subsistema	Componentes	Característica	Imagen
		Tarjeta SIM	Es una pequeña tarjeta que se utiliza en dispositivos móviles, como teléfonos celulares y módulos de comunicación	
3	Receto del sistema	Interruptor	Es un dispositivo que permite accionar un circuito para dar inicio a una operación.	
		Interfaz de la pantalla HMI	(Interfaz Humano-Máquina) es la forma en que los usuarios interactúan con un sistema o máquina a través de una pantalla táctil u otro tipo de pantalla visual.	




Nota. La tabla muestra los subsistemas que cuenta el sistema de control con sus respectivos componentes.

Elementos seleccionados para los módulos inalámbricos

Para la selección de los elementos a emplear, se observa los espacios para poder colocar los sensores. Una vez definido el espacio donde se incorporarán los sensores, se realiza la selección de los siguientes elementos para poder diseñar el sensor de posicionamiento de la rueda.

Tabla 6

Tabla de componentes que conforman el módulo maestro

N	Componente	Características	Imagen
1	ESP32	Es ampliamente utilizado en proyectos de electrónica y desarrollo de dispositivos IoT (Internet de las cosas).	
2	Acelerómetro MPU6050	Es un sensor de movimiento y orientación que posee un acelerómetro para ser utilizado en tres posiciones de plano. Es ampliamente utilizado en proyectos de electrónica y robótica.	
3	Baterías de Ion de litio	Son una opción común en una variedad de dispositivos electrónicos, desde dispositivos portátiles hasta vehículos eléctricos pequeños. Tienen un voltaje nominal de 3.7 voltios, lo que es típico para baterías de iones de litio. Sin embargo, el voltaje real puede variar según el estado de carga.	
4	Regulador de voltaje LM317	Es un componente electrónico utilizado para proporcionar una salida de voltaje constante y regulada en aplicaciones donde se requiere una fuente de alimentación estable. La LM317 puede proporcionar una corriente máxima de salida que depende de los parámetros necesarios.	

Nota. En esta tabla se considera los 4 componentes que conforman el módulo maestro, para enviar datos inalámbricos desde el sistema de dirección. Se debe tomar en cuenta que estos componentes son utilizados para las 4 ruedas del vehículo.

Construcción de Componentes

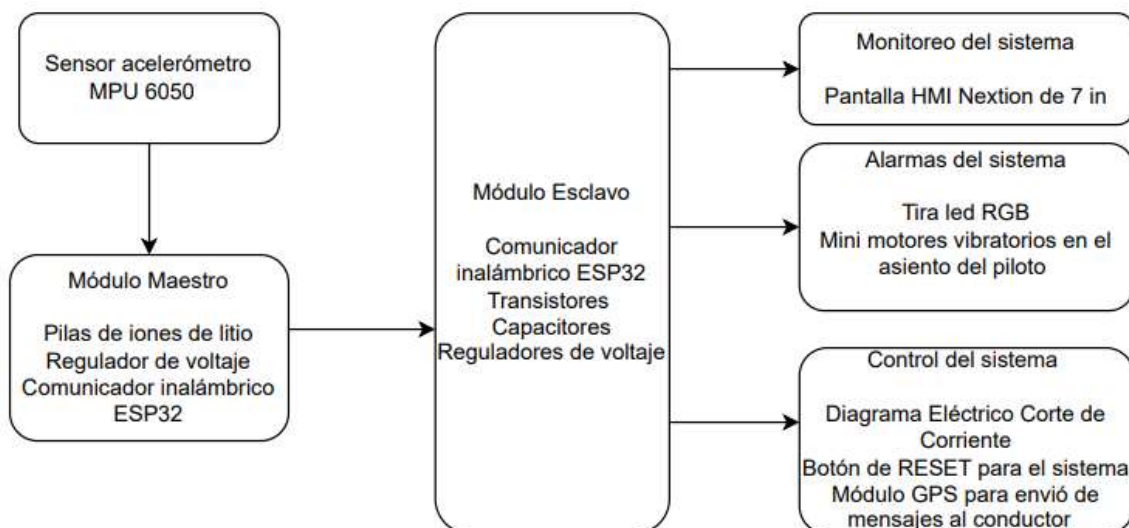
En este apartado se va detallar paso a paso el procedimiento aplicado para la construcción de los sensores que serán implementados en el vehículo y sus sistemas auxiliares para su funcionamiento.

Arquitectura del sistema de monitoreo, alerta y control de la dirección del vehículo

Una vez determinados los elementos necesarios para el cumplimiento del monitoreo, alerta y control de la geometría de la dirección, se puede comenzar con la construcción del mismo tomando en cuenta la arquitectura que este debe cumplir.

Figura 35

Componentes que conforman el sistema



Nota. La gráfica indica los elementos que estará compuesto el siguiente sistema de control y monitoreo.

Construcción del sistema de monitoreo

En la construcción del sistema de monitoreo se tiene en cuenta el principal elemento que es la pantalla Nextion de 7 pulgadas mostrada en la Figura 36. Este cuenta con una conexión UART interfaz por la cual será conectada al módulo receptor de datos ESP32; además en esta conexión se alimenta la pantalla para su funcionamiento.

Figura 36

Evaluación de funcionamiento pantalla HMI

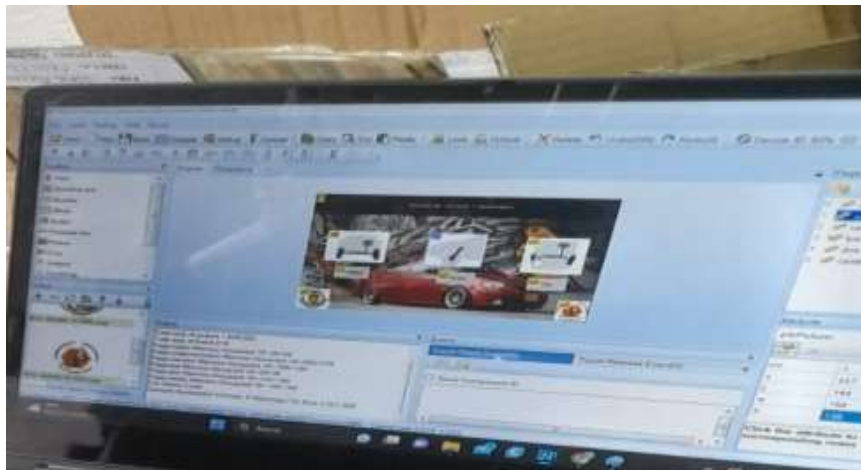


Nota. El cuadro muestra la pantalla HMI.

La pantalla cuenta con una LSD que se la conecta al computador para establecer las láminas necesarias para el funcionamiento del sistema. Además en este punto se debe establecer el lugar y la manera de recopilación de información a monitorear, como se muestra en la Figura 37.

Figura 37

Codificación de Interfaz HMI



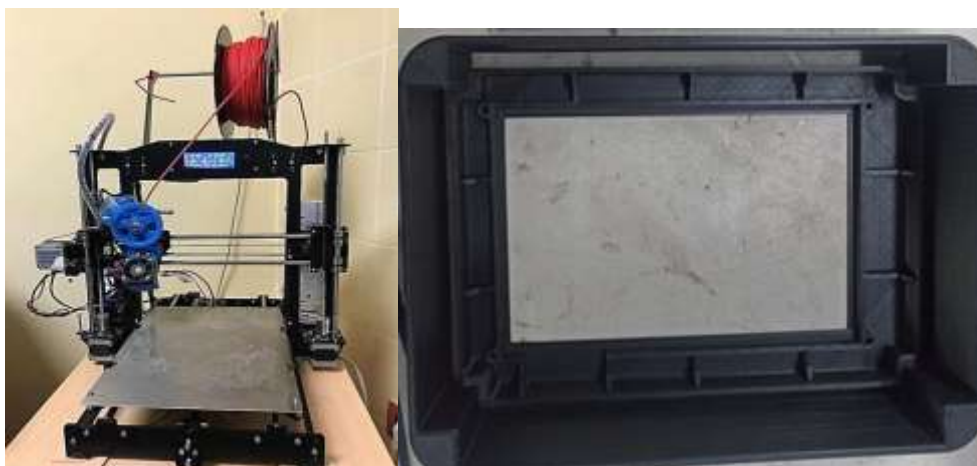
Nota. La imagen muestra la programación de la interfaz HMI.

Construcción de la carcasa de la pantalla HMI Nextion

Con el diseño de la pantalla se procede a usar la impresora 3D para obtener la carcasa que contiene a la pantalla, conjuntamente con el módulo esclavo y el módulo GPS para el envío de mensajes al celular, que indica la Figura 38.

Figura 38

Impresión de la carcasa de la pantalla HMI en impresora 3D



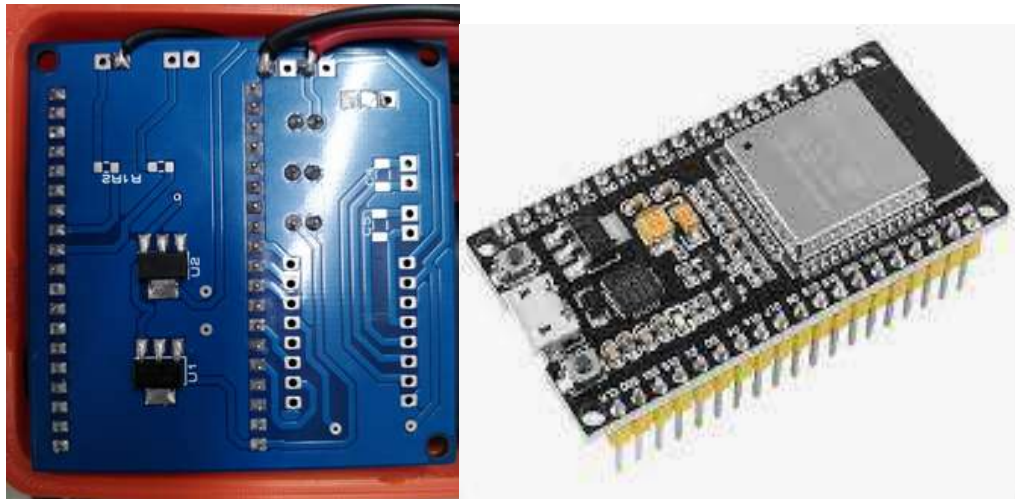
Nota. La gráfica muestra la impresión de la pantalla HMI en impresora 3D.

Construcción de la placa del módulo esclavo

Par esto se debe tomar en cuenta que el módulo esclavo ESP32 mostrado en la Figura 39, además de receptor los datos proporcionados por los sensores, será el componente necesario para enviar datos al sistema de monitoreo, de accionar las alarmas, y de activar el control.

Figura 39

La placa en donde se coloca la ESP32



Nota. La gráfica muestra la placa en donde se colocará la ESP32.

Para ello se instala detrás de la pantalla HMI , como se muestra en la figura 40, y estará contenida por una placa con la que se puede manejar todos estos sistemas activándolos cuando sean necesarios y manteniendo un control directo con la ESP32.

Figura 40

Ubicación de la placa ESP32 en la pantalla HMI



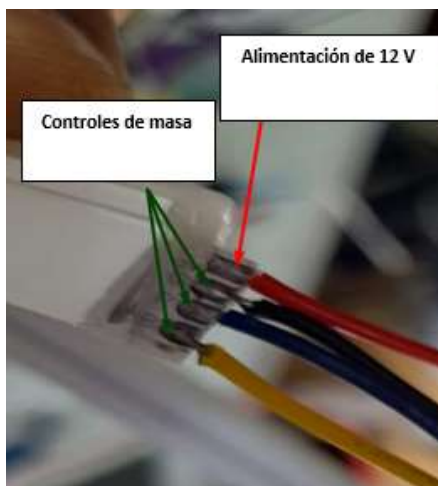
Nota. La gráfica muestra la ubicación de la placa ESP32 en la pantalla HMI.

Construcción del sistema de alarma

Para la construcción del sistema de alarma visual se debe tomar en cuenta que la tira led contiene 4 pines, como se muestra en la Figura 41, de los cuales uno corresponde a la fuente de alimentación de 12 voltios, y una tierra por cada tono. Es decir que de la ESP32 saldrán 3 pines conectados a la tira led RGB.

Figura 41

Pines de la tira led RGB



Nota. La conexión de los pines de la tira led RGB.

Se debe tomar en cuenta que se incluye una placa que le permite a la ESP32 realizar una variación de voltaje, ya que la tira led ilustrada en la Figura 42, ocupa una alimentación de 12 voltios. Para ello, en la placa de la ESP32 se ve incrementada por componentes electrónicos como son los capacitores y reguladores de voltaje.

Figura 42

Conexión de la ESP32 con la tira led RGB



Nota. La conexión de la ESP32 con los pines de la tira led RGB.

Para la construcción del sistema de alarma sensorial se considera que el voltaje a ocupar por estos sensores es de 5 voltios y será proporcionado por la ESP32. Los pequeños motores vibratorios son conectados en serie, es decir son conectados su positivo con el negativo y así sucesivamente hasta formar una tira, tal como la Figura 43.

Figura 43

Tira compuesta por pequeños motores vibratorios



Nota. La grafica representa la tira compuesta por pequeños motores vibratorios.

Construcción del sistema de control

Para la construcción del control por mensajes al celular del conductor se necesita de un módulo SIM800L, ilustrado en la Figura 44. Este módulo se une con la ESP32 la cual genera la orden para que se proceda a enviar el mensaje. Se debe tener en cuenta que este elemento tiene un chip y una antena que logra la comunicación con el celular del conductor.

Figura 44

Módulo SIM800L

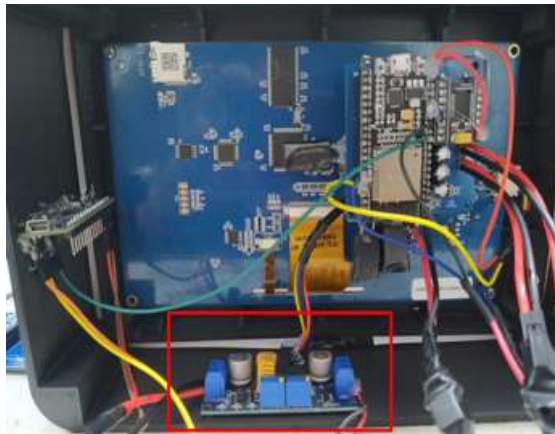


Nota. El gráfico se puede observar el módulo SIM800L y la ubicación de la tarjeta SIM.

Para la ubicación de este módulo se toma en cuenta que se debe encontrarse cerca de la ESP32, como se muestra en la Figura 45, por lo tanto se instaló en la parte inferior de la carcasa de la pantalla.

Figura 45

La ubicación del módulo SIM800L



Nota. El gráfico muestra la ubicación del módulo SIM800L en la carcasa de la pantalla HMI.

Para la construcción del control en el reseteo del sistema se toma en cuenta que la ESP32, ilustrada en la Figura 46, guarda los datos de partida para compararlos con el desfase que se va produciendo a lo largo del tiempo en los ángulos presentes en la geometría de la dirección. Entonces, se estableció un botón para poder encerrar el sistema, siempre y cuando se cumpla un procedimiento de reseteo en el cual interviene la pantalla HMI y el encendido del vehículo. El interruptor que da paso al reseteo se debe apagarlo una vez culminado el proceso.

Figura 46

Interruptor del sistema del control del reseteo y su salida desde la ESP32



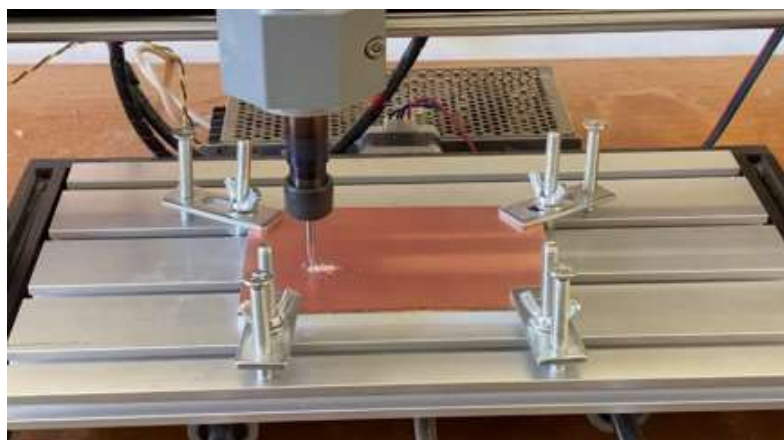
Nota. La gráfica detalla el interruptor del sistema del control del reseteo y su salida desde la ESP32.

Construcción de los módulos maestro

En este punto, ya se encuentra constituido el circuito para la integración de la batería, la ESP32 y los reguladores de voltaje para dar funcionamiento al sensor. La placa se PCB se imprime para ayudar a unir todos estos elementos, ilustrada en la Figura 47.

Figura 47

Impresión de la baquelita PCB



Nota. La gráfica muestra la impresión de la baquelita PCB del módulo maestro.

La unión de los elementos es mucho más sencilla una vez obtenida la placa mostrada en la Figura 48, para la cual se debe tener cuidado al unir todos los elementos, para no hacer algún corto circuito en las pistas de la placa.

Figura 48

Módulo inalámbrico ESP32 con batería de iones de litio y regulador de voltaje



Nota. La gráfica muestra la conformación del módulo inalámbrico.

Después se procede a imprimir las carcasas de los módulos inalámbricos y del sensor para cada rueda. Se optó por el color negro al momento de imprimir los componentes como se muestra en la Figura 49, debido a que se encuentran en una ubicación en la que está muy expuesta a polvo. Además, que el espesor del filamento que se usó para esta impresión es bastante grueso.

Figura 49

Carcasas de los módulos maestros



Nota. La gráfica las carcasas del módulo maestro.

Se conforma el sistema para obtener todo el módulo maestro como se indica en la Figura 50; para el cable que une estos dos elementos se coloca manguera corrugada y cinta automotriz. Este módulo maestro ayuda a determinar los ángulos de inclinación que presente el sistema de dirección.

Figura 50

Módulos maestros para las ruedas del automotor



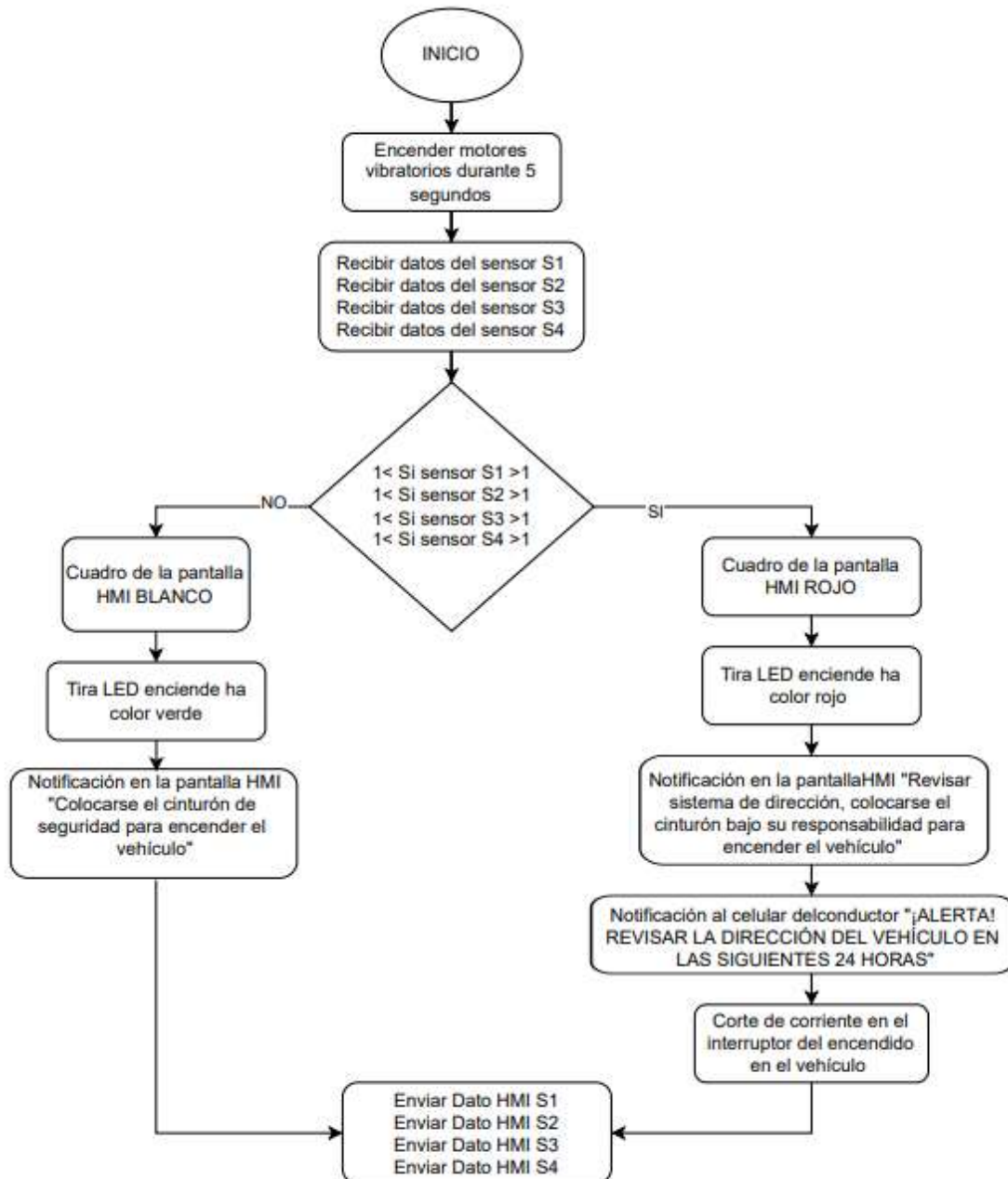
Nota. La gráfica muestra los módulos maestros para las ruedas del automotor.

Programación del sistema de alarma y control

En el siguiente punto, se elabora 4 pantallas de funcionamiento operacional principal como se muestra en la Figura 51, para brindar un aviso al conductor de cómo se encuentra el vehículo antes de iniciar cualquier viaje y otras pantallas para determinar el estado de los distintos ángulos de la geometría de la dirección.

Figura 51

Diagrama del sistema de alerta y control en la primera pantalla HMI en el vehículo

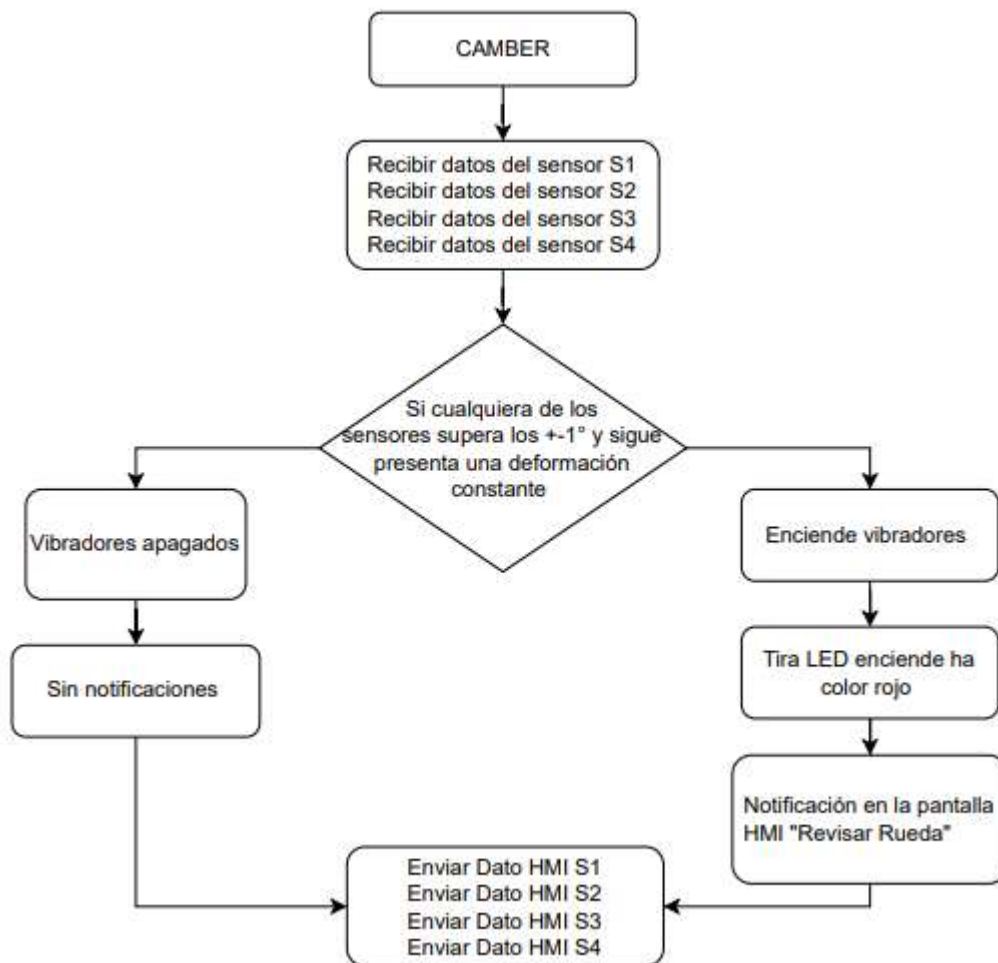


Nota. El diagrama representa el diagrama del sistema de alerta y control de la pantalla inicial que muestra el HMI.

Los ángulos Camber, Caster y Toe serán monitoreados continuamente por el sistema integrado. En la Figura 52 se ilustra el diagrama de flujo correspondiente al ángulo Camber.

Figura 52

Diagrama del sistema de alerta y control del Camber en la interfaz HMI

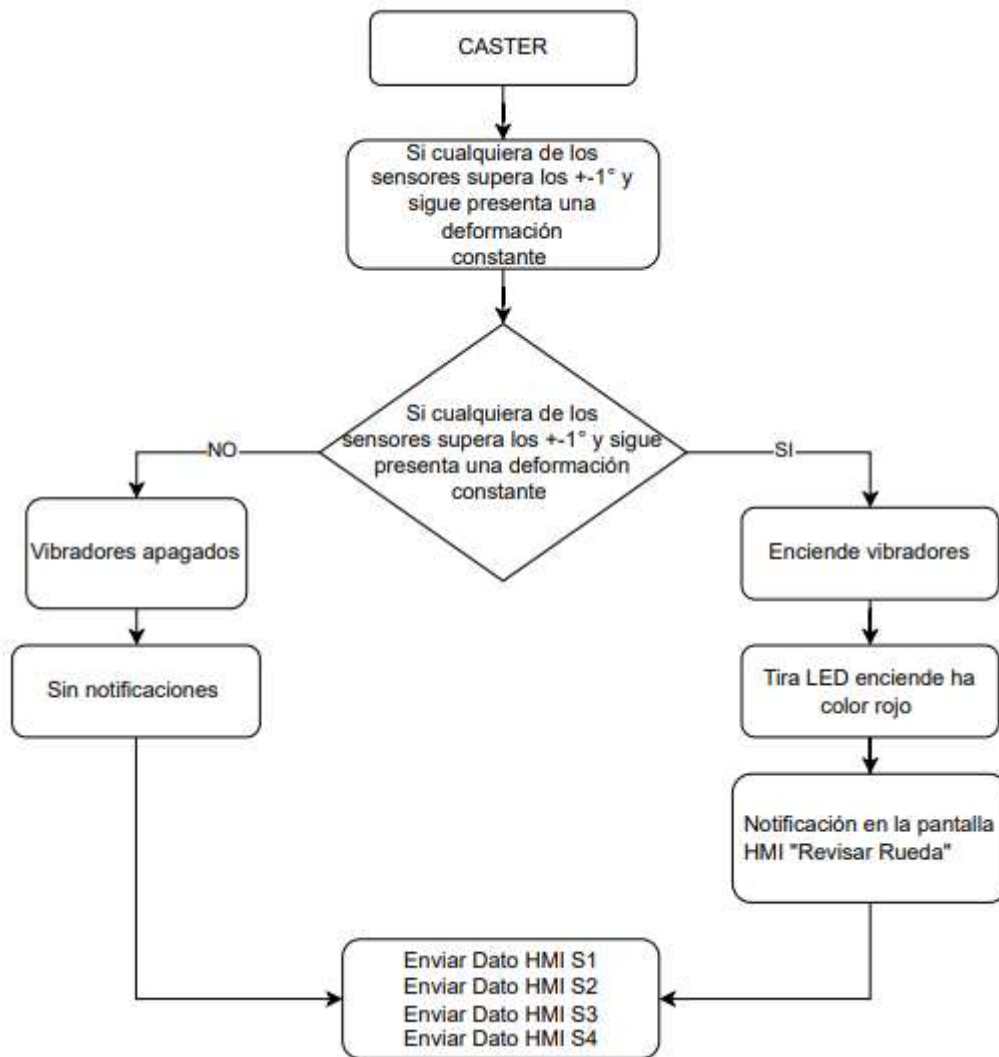


Nota. El diagrama indica el diagrama del sistema de alerta y control de la pantalla del ángulo de monitoreo Camber.

Pantalla Caster es enfocada principalmente a un monitoreo con respecto a los ángulos de desfase que existe tomando de referencia al amortiguador. A partir de la Figura 53, se presenta el diagrama de flujo que va a corroborar el funcionamiento del proceso de monitoreo del Caster.

Figura 53

Diagrama del sistema de alerta y control del Caster en la interfaz HMI

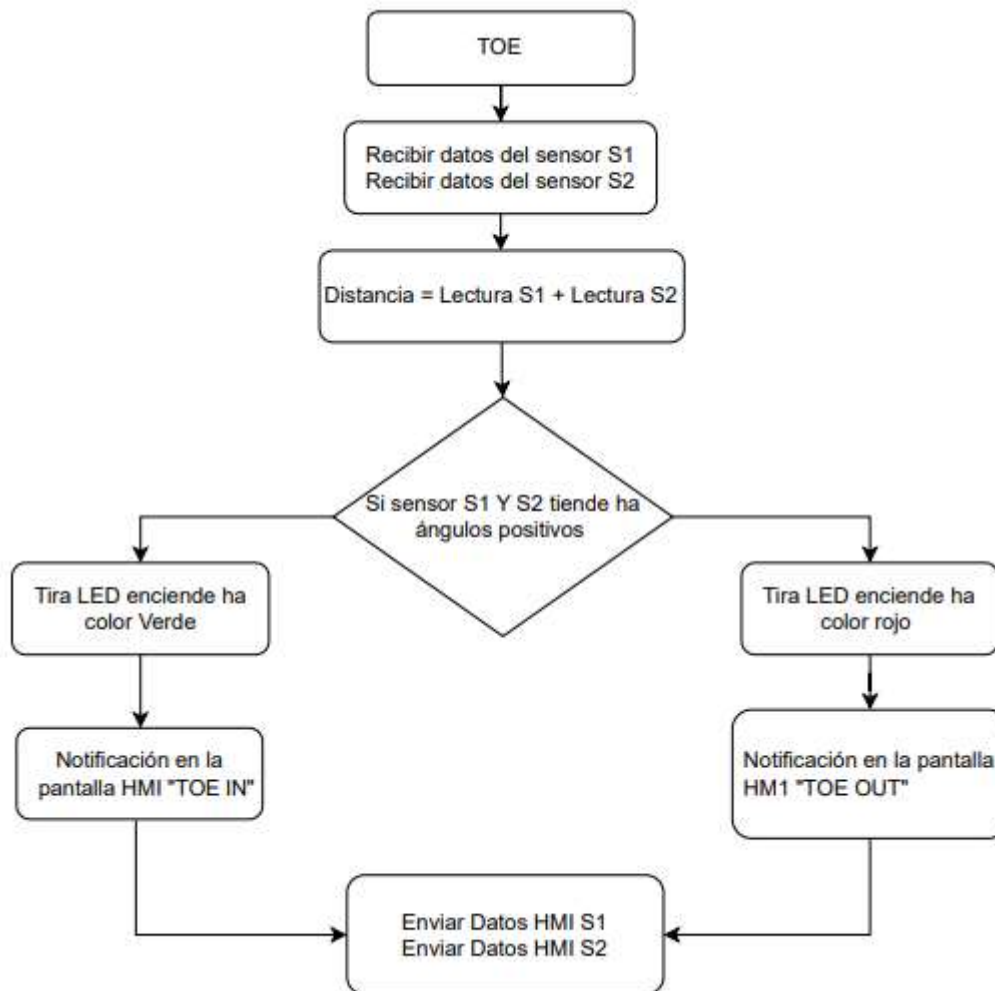


Nota. El diagrama ilustra el diagrama del sistema de alerta y control de la pantalla del ángulo de monitoreo Caster.

La pantalla Toe permite dimensionar la distancia que existe entre las ruedas cuando el vehículo sea observado desde el frente, siendo estos Toe IN/Toe OUT. En la Figura 54, se ilustra el diagrama de flujo que va a corroborar el funcionamiento del proceso de monitoreo del Toe.

Figura 54

Cuadro del sistema de alerta y control del Toe en la interfaz HMI



Nota. El gráfico representa el diagrama del sistema de alerta y control de la pantalla del ángulo de monitoreo Toe.

Todos los datos que se reciben son emitidos a partir de los sensores maestros que serán colocados en cada una de las ruedas. Entonces la interfaz se encargará de monitorear constantemente e indicar al conductor el comportamiento de los ángulos de las ruedas con respecto a las solicitadas por el operario mismo en la pantalla colocada en el habitáculo a su fácil maniobrabilidad.

Implementación del sistema en el Vehículo

En el siguiente apartado se va indicar paso a paso el proceso de implementación de los sensores en cada una de las ruedas, también cada uno de los sistemas que son: alarma, monitoreo y control para un diagnóstico breve de la geometría de la dirección del vehículo.

Implementación del sistema de alarma visual

Para la implementación del sistema de alarma visual es importante obtener la impresión 3D de la estructura HMI ya que el mismo estará colocado en un lugar visible para el conductor. Es por ello que la misma estará al filo de la pantalla con un código de colores con respecto a la programación, como se ilustra en la Tabla 10.

Tabla 10

Rango de funcionamiento por colores de la tira led RGB

COLOR	RANGO DE FUNCIONAMIENTO	DESCRIPCIÓN
VERDE	0 a 3°	Cuando el sistema se encuentra en buen estado
ROJO	3° en adelante	Una vez que haya superado el grado de tolerancia se tornará color rojo como significado de un desequilibrio
AZUL	-	Se encenderá cuando el sistema se esté iniciando

Nota. En la tabla figura el rango de funcionamiento por colores de la tira led RGB.

Mediante la Figura 55, se muestra el sistema de alarma visual instalada al control, monitoreo y alarma temprana.

Figura 55

Instalación luz led RGB



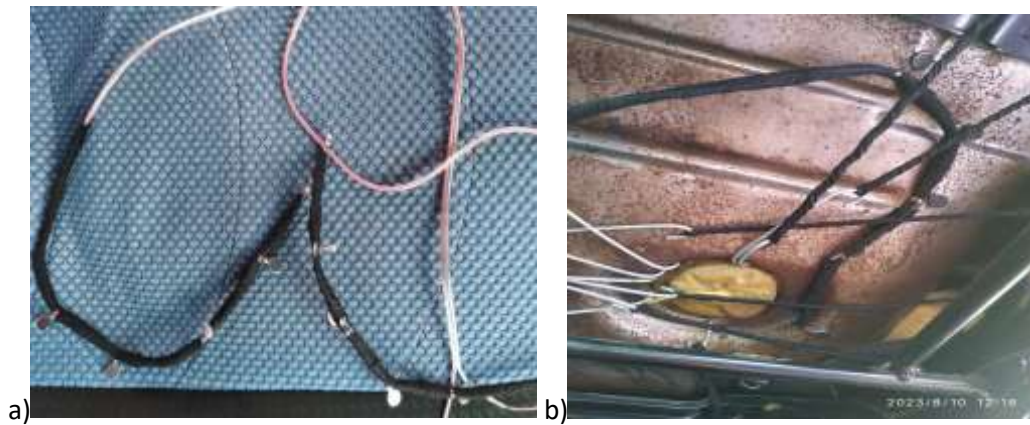
Nota. Muestra la luz led RGB implementada alrededor de la interfaz HMI.

Implementación del sistema de alarma vibracional

Una vez realizado la selección de componentes para el sistema vibracional, los mismos sensores son implementados en la parte inferior del vehículo. Estos elementos estarán recubiertos de cinta adhesiva automotriz, sus cables estarán recubiertos de termo fundente con la finalidad de tolerar altas temperaturas y también sus conexiones estarán totalmente seguras para evitar futuros puntos sobresaturados de corriente. Entonces, en la Figura 56, se ilustra el proceso de implementación de los sensores vibracionales en el asiento del conductor.

Figura 56

Instalación de pequeños motores vibratorios



Nota. Muestra la instalación de pequeños motores vibratorios. a) tira de motores vibratorios b) tira de motores vibratorios en la superficie inferior del asiento.

Implementación del sistema de control por relés

Para implementar el sistema de control por relés para el corte de corriente del vehículo, es necesario entender el funcionamiento del switch de encendido para de esta manera poder aplicarlo y realizar una conexión correcta. Para ello, se utiliza 2 relés de 5 terminales, un diodo rectificador, cable y cinta automotriz. Además, es necesario informar que para realizar esta conexión se debe contar con dos cables de salida en el cinturón de seguridad, de esta manera se puede generar un corte previo antes de encender al vehículo. Entonces, en la Figura 57a Se figura la implementación de los relés para el corte de corriente al vehículo.

Figura 57

57a) Instalación sistema de control por relés



Nota. Muestra la implementación de los relés.

Para la Figura 57b se muestra la conexión realizada en el cinturón de seguridad distinguiendo el cable de señal que muestra el indicador en el tablero, para poder hacer un corte durante un lapso de tiempo para que trabaje la bomba de combustible.

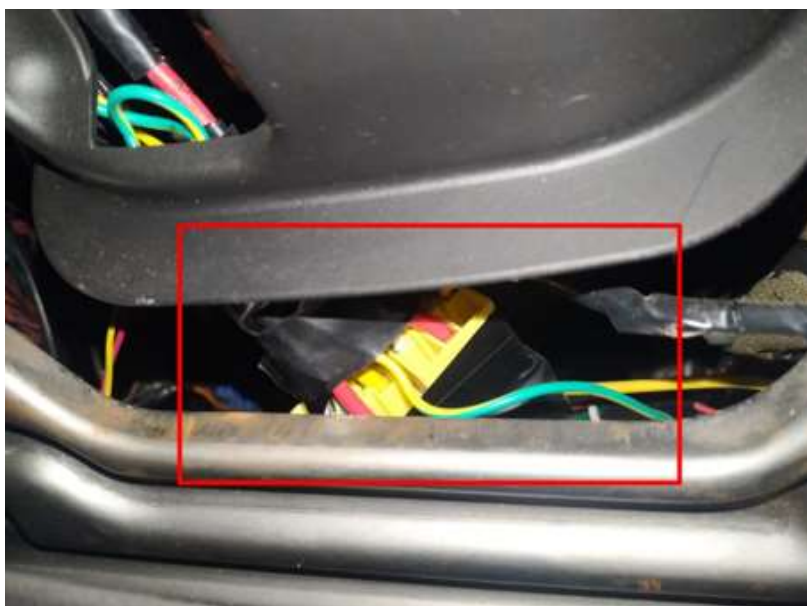
57b) Señal con respecto al testigo del tablero del cinturón de seguridad



Nota. Conexión en el cable del cinturón de seguridad.

Para la Figura 57c se muestra la conexión finalizada de los relés de seguridad que permitirán el paso de corriente al vehículo, para que el mismo pueda ser encendido una vez que haya cumplido los parámetros requeridos por el sistema.

57c) Relés de seguridad



Nota. Relés Instalados en el vehículo

Implementación del sistema de control por botón

La función de este sistema es encargarse de resetear al sistema en caso de que las ruedas del vehículo sean alineadas en un centro de alineación para que los sensores puedan tomar su cero inicial. Para ello, se lo implementa dentro de la interfaz HMI y sale a través de la misma con un botón de seguridad para que sea de ayuda al conductor o técnico para su reinicio. En la siguiente Figura 58 se indica el botón de seguridad a través de la interfaz HMI.

Figura 58

58a) Conexión del sistema de control por botón



Nota. Se indica los cables que salen a partir de la ESP32 para el botón.

Para la Figura 58b se muestra la extensión del botón de reset, el cual va permitir volver a reiniciar el sistema cuando el vehículo haya sufrido alguna colisión o uno de los componentes que lo conforman haya sido reemplazado.

58b) Extensión del botón al vehículo



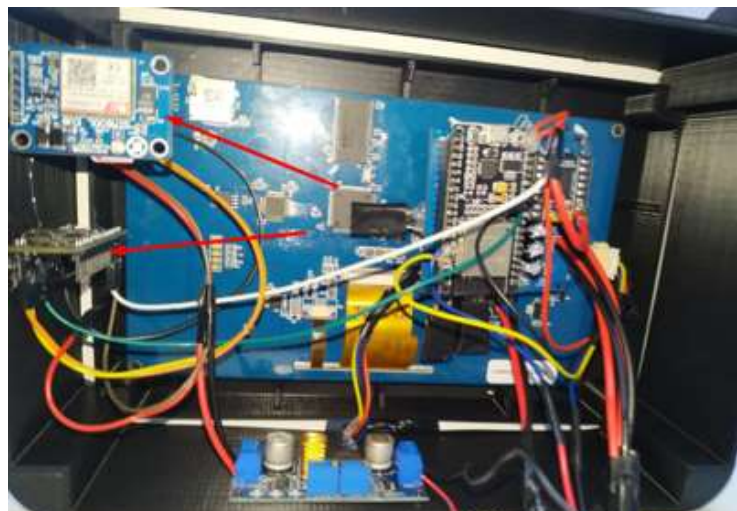
Nota. Botón de reset en el vehículo.

Implementación del sistema de control GSM

Los módulos para el sistema de control GSM son integrados internamente dentro de la estructura de la interfaz HMI, ya que estarán mejor posicionadas para emitir los mensajes. De manera que, en la Figura 59a, se visualiza a los elementos que integran el sistema de control por GSM.

Figura 59

59a) Conexión del sistema de control por GSM



Nota. Se indica los componentes para el módulo GSM.

La Figura 59b, indica el posicionamiento de la antena de recepción de señal para el chip que está incorporado al vehículo. Esto con la finalidad de enviar los mensajes al conductor cuando presente daños que superen el grado de tolerancia permitido en las ruedas.

59b) Antena de Señal



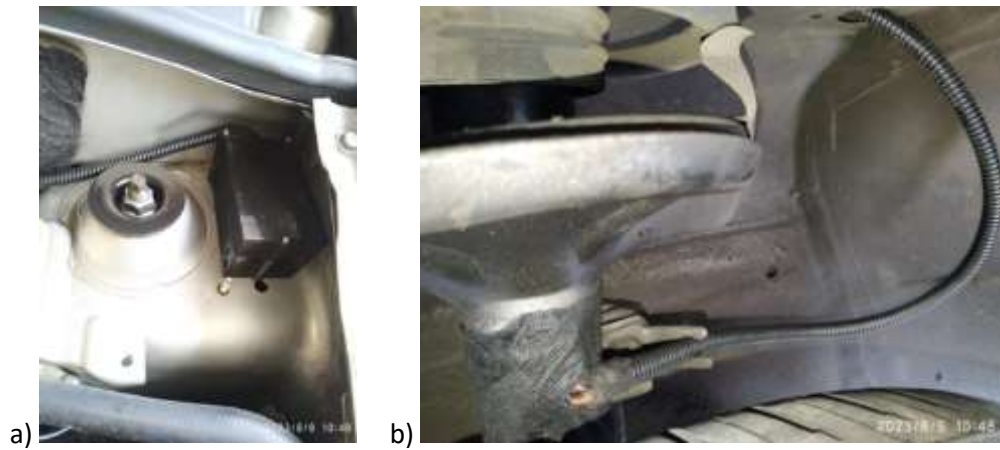
Nota. Ubicación de la antena.

Implementación de los sensores en las ruedas

Con el diseño de la estructura para las placas de los sensores realizados, se procede a ensamblar cada una de ellas, respectivamente para los 4 neumáticos, buscando un punto fijo para asegurar hacia una placa metálica del chasis del vehículo. Se debe colocar cinta adhesiva automotriz en sus cables y silicón negro para asegurar el acelerómetro MPU6050, como se muestra en la Figura 60. También es importante mencionar que sus diseños estructurales están elaborados en color negro para mantener la originalidad de sus componentes.

Figura 60

Módulo inalámbrico y sensor acoplados en el vehículo

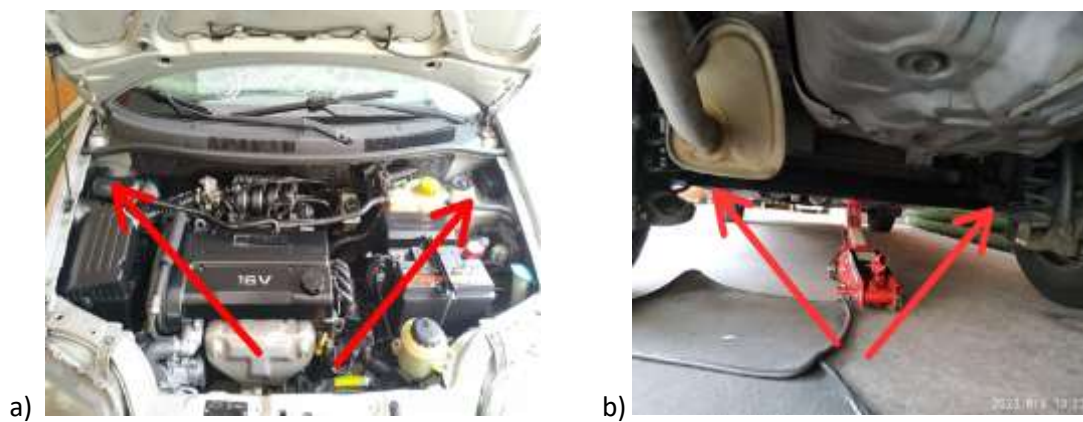


Nota. En los cuadros se manifiesta a) el módulo inalámbrico y b) el sensor acoplado en el vehículo

La Figura 61, da una visión más amplia del lugar que fueron colocados los sensores del vehículo salvaguardando su operación y funcionalidad de los mismos en un lapso de tiempo recorrido.

Figura 61

a) Ubicación de los módulos inalámbricos en el vehículo



Nota. En las imágenes se ilustra a) la ubicación de los módulos inalámbricos para las dos ruedas frontales del vehículo b) la ubicación de los módulos inalámbricos para las dos ruedas posteriores del vehículo.

Implementación del sistema en el vehículo AVEO ACTIVO 1.6, AÑO 2009

Finalmente, se integró todos los componentes que conformaran el sistema de control, monitoreo y alerta temprana de la geometría de la dirección del automotor. Se va mostrar a partir de la Figura 62a la interfaz HMI colocada en el vehículo.

Figura 62

62a) Interfaz HMI Final



Nota. Se indica la estructura final colocada en el vehículo AVEO.

La Figura 62b, indica la interfaz HMI ya implementada en la cabina del conductor para el monitoreo constante, sin obstaculizar la visión del conductor.

62b) *Funcionamiento del Sistema de Control y Monitoreo*



Nota. Implementación de la pantalla HMI en el vehículo.

Capítulo IV

Validación y análisis de resultados

La validación es un proceso esencial para confirmar que el sistema cumple con los requisitos y expectativas establecidas previamente. Estas son, por ejemplo, el correcto monitoreo de los sensores en cada rueda enviado los datos de forma inalámbrica, la activación de las alertas para advertir al conductor y el control para proteger de daños que el sistema de dirección en mal estado pueda ocasionar a otros elementos del vehículo. Además, se analiza los datos del sistema para compararlos con equipos de alineación de ruedas. De esta manera se asegura que el sistema se encuentra funcionando de manera adecuada.

Protocolo de operación del Sistema

El protocolo de funcionamiento describe de forma clara el acceso que se tiene para monitorear el sistema, así como el procedimiento que realiza el sistema de alerta y control que cuenta el circuito implementado. Para ello se debe tener en cuenta que se creó 6 láminas personalizadas dentro de la interfaz que cuenta la pantalla.

La primera lámina como muestra la Figura 63 inicia al momento que el conductor pone en contacto el vehículo, se proyecta un video corto de 5 segundos seleccionado por los autores con la finalidad de dar inicio al inicio al sistema. Mientras se reproduce el video se activa automáticamente los vibradores en el asiento y la tira led RGB se mantiene en el color azul, con la finalidad de dar un avisó de que está iniciando el sistema de manera adecuada.

Figura 63

Video de presentación en la pantalla



Nota. El video corto que se proyecta al iniciar el sistema.

La segunda pantalla es un aviso y una imagen con los ángulos de la dirección, hacia el conductor en donde si el sistema se encuentra en buen estado lo advierte de colocarse el cinturón. Además de que la tira led RGB se mantiene en un color verde y se muestran los ángulos en tiempo real, tal como se indica en la Figura 64.

Figura 64

Segunda lámina del sistema



Nota. La lámina representa el buen estado del sistema.

Cuando el sistema detecta un sensor que no cumple con su respectiva tolerancia, se muestra un mensaje el cual indica que inicie el viaje bajo su propio riesgo como se indica la Figura 65. Esto debido a que el sistema de control entra en funcionamiento y no permite dar arranque al vehículo al no cumplirse que el conductor no se encuentre con el cinturón, la tira led RGB se coloca en color rojo y los motores vibratorios se accionan.

Figura 65

Segunda lámina del sistema

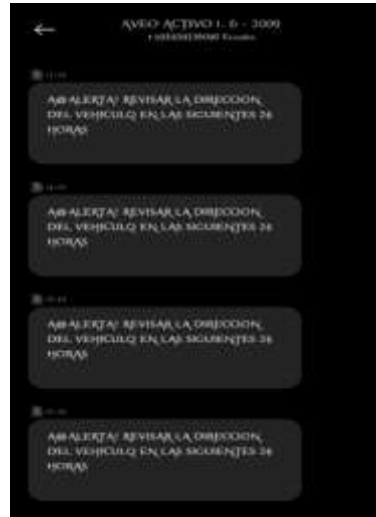


Nota. La lámina representa el buen estado del sistema.

En esta pantalla empieza a trabajar de ser necesario el sistema de control; entonces de ser el acontecimiento que el sistema detecte la irregularidad de algún ángulo de la geometría de la dirección, envía un mensaje al conductor por medio de un módulo que conforma el sistema en la pantalla, el cual envía mensajes de texto tal como indica la Figura 66, para que el conductor verifique el estado de la dirección.

Figura 66

Mensajes de alerta al celular del conductor



Nota. La imagen representa como recibe el celular del propietario los mensajes de alerta.

La tercera pantalla permite al conductor monitorear los tres ángulos de la dirección, el cual cuenta con tres opciones para escoger como se muestra en la Figura 67. Se toma en cuenta que en esta pantalla el conductor puede escoger que ángulo de la geometría de la dirección quiere monitorear.

Figura 67

Tercera lámina del sistema

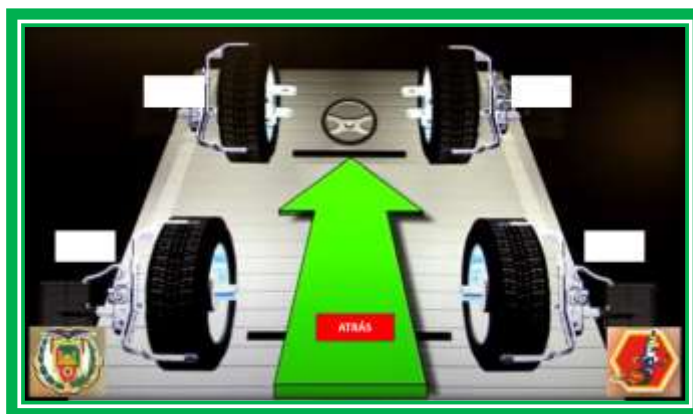


Nota. La imagen representa la selección de los tres ángulos que puede monitorear el sistema.

La cuarta pantalla muestra los cuatro ángulos de caída o de inclinación Camber referentes a las cuatro ruedas del vehículo, como se indica en la Figura 68. Esto con el fin que el conductor observe en que parte de la dirección del automóvil se tiene inconvenientes. También cuenta con un botón para poder retroceder y verificar otro ángulo de la geometría de la dirección.

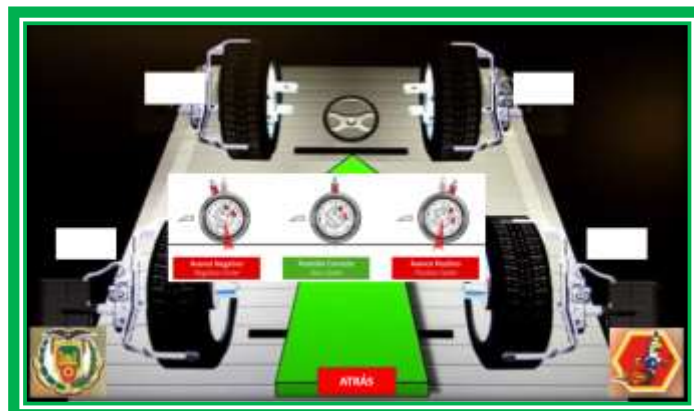
Figura 68

Cuarta lámina del sistema



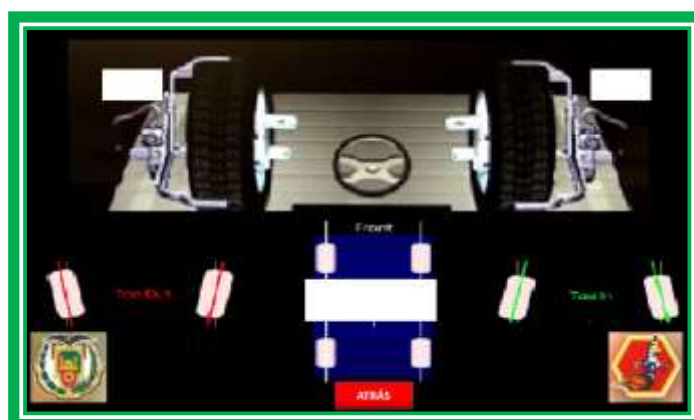
Nota. La imagen representa el ángulo Camber en las cuatro ruedas del vehículo.

La quinta pantalla muestra los cuatro ángulos de avance o divergencia Caster referentes a las cuatro ruedas del vehículo, considerado el avance o la divergencia que tenga el sensor con respecto a la dirección del vehículo, como se muestra en la Figura 69. También cuenta con un botón para retroceder y verificar otro ángulo del sistema.

Figura 69*Tercera lámina del sistema*

Nota. La imagen representa el ángulo Caster en las cuatro ruedas del vehículo.

La sexta pantalla mostrada en la Figura 70, muestra los dos ángulos de convergencia Toe referentes a las dos ruedas delanteras del vehículo. Esto para determinar la distancia que existe entre las mismas para determinar la convergencia positiva o negativa. También cuenta con un botón para poder retroceder y verificar otro ángulo del sistema.

Figura 70*Tercera lámina del sistema*

Nota. La imagen representa el ángulo Toe en el que intervienen las dos ruedas del vehículo.

Validación del sistema

Para la validación del sistema, es necesario asegurar que el circuito implementado cumpla un comportamiento específico de manera consistente. Por tal motivo, es necesario establecer un prontuario de pruebas realizadas al sistema con las que posteriormente se analiza los resultados obtenidos.

Pruebas con el sistema implementado

Para la obtención de datos para la validación del sistema de control y monitoreo con respecto a la geometría del vehículo, se van a tomar tres ensayos importantes para su análisis correspondiente y la obtención de curvas con respecto a los grados de inclinación de los neumáticos, con respecto al tipo de terreno, el kilometraje recorrido, entre otros parámetros.

Prueba 1. Muestreo de Evaluación

Para la siguiente prueba se considera los parámetros detallados en la Tabla 11 y que ayudara a la obtención de curvas y estado del sistema de dirección durante un tiempo de trabajo.

Tabla 11

Prueba estática y dinámica practicada al sistema implementado.

Velocidad del vehículo	Valor del vehículo detenido	Valor del vehículo en movimiento	Variación de valores	Promedio de variación	Tipo de Terreno
	Rueda D.I = 0.42	Rueda D.I = 3.45	3.03		
60km/h	Rueda D.D = 0.32	Rueda D.D = 3.42	3.1	2.54	Asfalto
	Rueda P.I = 0.24	Rueda P.I = 2.32	2.08		

Velocidad del vehículo	Valor del vehículo detenido	Valor del vehículo en movimiento	Variación de valores	Promedio de variación	Tipo de Terreno
	Rueda P.D = 0.28	Rueda P.D = 2.23	1.95		
	Rueda D.I = 0.31	Rueda D.I = 4.45	4.14		
80km/h	Rueda D.D = 0.23	Rueda D.D = 4.42	4.19	3.58	Asfalto
	Rueda P.I = 0.34	Rueda P.I = 3.32	2.98		
	Rueda P.D = 0.41	Rueda P.D = 3.23	3.02		
	Rueda D.I = 0.59	Rueda D.I = 4.75	4.16		
60km/h	Rueda D.D = 0.57	Rueda D.D = 4.87	4.3	4.1	Adoquín
	Rueda P.I = 0.51	Rueda P.I = 4.47	3.96		
	Rueda P.D = 0.45	Rueda P.D = 4.43	3.98		
	Rueda D.I = 0.51	Rueda D.I = 5.45	5.03		
80km/h	Rueda D.D = 0.53	Rueda D.D = 5.42	5.04	4.69	Adoquín
	Rueda P.I = 0.46	Rueda P.I = 4.61	4.26		
	Rueda P.D = 0.49	Rueda P.D = 4.74	4.43		
	Rueda D.I = 0.89	Rueda D.I = 4.65	3.76		
60km/h	Rueda D.D = 0.85	Rueda D.D = 4.48	3.63	3.09	Tierra
	Rueda P.I = 0.82	Rueda P.I = 3.32	2.5		

Velocidad del vehículo	Valor del vehículo detenido	Valor del vehículo en movimiento	Variación de valores	Promedio de variación	Tipo de Terreno
	Rueda P.D = 0.78	Rueda P.D = 3.23	2.45		
	Rueda D.I = 0.89	Rueda D.I = 6.45	5.56		
80km/h	Rueda D.D = 0.87	Rueda D.D = 7.12	6.25	6.57	Tierra
	Rueda P.I = 0.81	Rueda P.I = 7.84	7.03		
	Rueda P.D = 0.79	Rueda P.D = 8.23	7.44		

Nota. Esta tabla muestra las pruebas que se tomaron a cabo para la evaluación, considerando principalmente el tipo de terreno y la distancia recorrida. Además, es importante mencionar Rueda D. I: Rueda Delantera Izquierda, Rueda D. D: Rueda Delantera Derecha, Rueda I. P: Rueda Izquierda Posterior y Rueda D. P: Rueda Derecha Posterior.

Prueba 2. Variación del sensor con respecto a la alineadora

Para esta prueba, se tiene como datos, analizar los valores otorgados por la alineadora en un centro de servicio automotriz y hacer una comparación en base a los datos arrojados por los sensores diseñados y construidos en el sistema implementado, como se muestra mediante la Tabla 12.

Tabla 12

Comparación de los datos del sistema implementado

Número de Medidas	Valor con equipo de alineación	Valor con sistema implementado en el vehículo	Variación de valores
1	Rueda D. I. = 0.35	Rueda D. I. = 0.42	0.07
	Rueda D.D = 0.29	Rueda D.D = 0.36	0.07
	Rueda D.P = 0.23	Rueda D.P = 0.31	0.08
	Rueda I. P = 0.24	Rueda I. P = 0.38	0.14
2	Rueda D. I. = 0.32	Rueda D. I. = 0.41	0.07
	Rueda D.D = 0.24	Rueda D.D = 0.42	0.07
	Rueda D.P = 0.25	Rueda D.P = 0.31	0.08
	Rueda I. P = 0.23	Rueda I. P = 0.32	0.09
3	Rueda D. I. = 0.34	Rueda D. I. = 0.42	0.08
	Rueda D.D = 0.27	Rueda D.D = 0.39	0.06
	Rueda D.P = 0.25	Rueda D.P = 0.38	0.07
	Rueda I. P = 0.23	Rueda I. P = 0.31	0.07
4	Rueda D. I. = 0.39	Rueda D. I. = 0.45	0.06
	Rueda D.D = 0.34	Rueda D.D = 0.43	0.09
	Rueda D.P = 0.35	Rueda D.P = 0.44	0.09
	Rueda I. P = 0.32	Rueda I. P = 0.44	0.08

Número de Medidas	Valor con equipo de alineación	Valor con sistema implementado en el vehículo	Variación de valores
5	Rueda D. I. = 0.47	Rueda D. I. = 0.55	0.08
	Rueda D.D = 0.48	Rueda D.D = 0.54	0.06
	Rueda D.P = 0.39	Rueda D.P = 0.43	0.04
	Rueda I. P = 0.37	Rueda I. P = 0.41	0.04
6	Rueda D. I. = 0.53	Rueda D. I. = 0.62	0.09
	Rueda D.D = 0.56	Rueda D.D = 0.64	0.09
	Rueda D.P = 0.48	Rueda D.P = 0.51	0.03
	Rueda I. P = 0.47	Rueda I. P = 0.56	0.0.9

Nota. Esta tabla indica los valores con respecto a la alineadora al momento de corregir la dirección del vehículo AVEO ACTIVO 1.6, año 2009. Además, es importante mencionar Rueda D. I: Rueda Delantera Izquierda, Rueda D. D: Rueda Delantera Derecha, Rueda I. P: Rueda Izquierda Posterior y Rueda D. P: Rueda Derecha Posterior.

Prueba 3. Voltajes de referencia

También se va ejecutar una prueba de voltaje para poder analizar el estado de consumo por la interfaz HMI con respecto al voltaje de la batería del vehículo. A continuación, los resultados de la prueba se muestran mediante la Tabla 13.

Tabla 13

Valores de voltaje de operación obtenidos con el sistema operativo

Número de Dato	Voltaje Batería	Voltaje de Caída	Consumo
1	12.5	12.3	0.2
2	12.5	12.2	0.3
3	12.5	12.1	0.4
4	12.5	12.2	0.3
5	12.5	12.3	0.2
6	12.5	12.2	0.3
7	12.5	12.1	0.4
8	12.5	12.3	0.2
9	12.5	12.2	0.3
10	12.5	12.2	0.3

Nota. Esta tabla indica los valores referentes al voltaje de caída que existe cuando el sistema de control y monitoreo es accionado para su funcionamiento.

Análisis de Resultados

En el siguiente apartado se da a conocer de manera puntual los resultados obtenidos en base a cada una de las pruebas realizadas y mencionadas anteriormente.

Análisis de resultados en base a la Prueba 1

En la tabla 14 se considera para las pruebas una distancia igual a 5 km en cada uno de los diferentes terrenos, ya que el terreno tiene un efecto directo en los ángulos de la suspensión y las ruedas del vehículo, lo que afecta directamente el comportamiento general. Los conductores deben estar conscientes de cómo el terreno puede afectar los ángulos y ajustar su conducción en consecuencia para mantener un control seguro y efectivo del vehículo. Para ello se ha realizado una prueba en diferentes tipos de terreno en la ciudad de Latacunga y Quito con la finalidad de poder evaluar el comportamiento y obtener resultados precisos referentes al sistema implementado para la geometría de la dirección.

Tabla 14

Valores promedio de la prueba 1

Velocidad del vehículo	Tipo de terreno		
	Tierra	Adoquín	Asfalto
60 km/h	3.09	4.1	2.54
80 km/h	6.57	4.69	3.58

Nota. Esta se puede interpretar los valores promedio sacados de la prueba 1 para las velocidades de 60 y 80 km/h con respecto al tipo de terreno.

Análisis de resultados en base a la Prueba 2

El análisis de una alineadora automotriz es un proceso fundamental para asegurar el eficiente funcionamiento de esta herramienta esencial en la conservación de vehículos, como se ilustra en la Figura 15. La alineadora automotriz es un equipo utilizado para medir y ajustar los ángulos de las ruedas de un automóvil, como la convergencia, divergencia, caída y el ángulo de avance. Durante el análisis, se verifica la precisión y calibración del equipo, asegurándose de que los sensores y cámaras estén correctamente alineados y libres de daños. Además, se evalúa la integridad de las partes mecánicas y electrónicas del sistema, como el cabezal, las torres, los cables y las conexiones. Es fundamental comprobar que el software de la alineadora esté actualizado y funcione correctamente. Además, se realizan pruebas con vehículos de prueba para verificar que la alineadora proporcione mediciones precisas y consistentes. El análisis de una alineadora automotriz garantiza que el equipo esté en óptimas condiciones para realizar alineaciones precisas y seguras, lo que contribuye a mejorar la estabilidad, el ciclo de operación de los neumáticos y el desenvolvimiento general de los vehículos. Finalmente, la importancia de los sensores implementados al vehículo genera una tolerancia de error mayor a 3° inicialmente, pero con el afán de perfeccionar al sistema se buscó un punto central que ayude a minimizar esta tolerancia permitiendo así reducirla al mínimo para que su recopilación de datos sea mucho más exacta.

Tabla 15*Valores promedio comparativos*

Número de Medidas	Valor promedio con el equipo de alineación	Valor promedio con el sistema implementado en el vehículo	Variación de valores
1	0.28	0.37	0.09
2	0.35	0.44	0.09
3	0.51	0.58	0.07

Nota. En la tabla se interpreta los valores promedio de cada medida comparativa y su variación que existe.

Análisis de resultados en base a la Prueba 3

El análisis de la caída de voltaje es un proceso crucial en la evaluación y optimización de circuitos eléctricos y sistemas de energía. Consiste en calcular y examinar la pérdida de tensión eléctrica que ocurre entre puntos específicos dentro del circuito. Este fenómeno puede surgir debido a la resistencia de los elementos del circuito, como cables, conectores o dispositivos, y también debido a otras fuentes de pérdidas. Al realizar el análisis, se aplican ciertas normativas otorgados para su evaluación. La comparación entre los valores teóricos y las mediciones reales permite identificar áreas problemáticas, tomar medidas correctivas y garantizar el rendimiento óptimo del sistema eléctrico. Así, el análisis de la caída de voltaje es esencial para garantizar la eficiencia y la confiabilidad de las redes eléctricas, sistemas de potencia y dispositivos electrónicos

en general. Entonces, con respecto a la tabla 13 y en base a los datos obtenidos, se determinó que la caída de voltaje que mayor número representa es la de 0.3, ya que por la cantidad de componentes que constituyen al sistema de control, monitoreo y alerta temprano hacen un consumo medio representativo en el vehículo.

Capítulo V

Marco administrativo

Recursos

Para sustentar el trabajo titulado “Diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la geometría de la dirección de vehículo” se debe tomar en cuenta varios recursos que ayudaron al proceso de elaboración del proyecto presente.

Recursos humanos

Aquellas personas que conformaron la validación de este proyecto son partícipes y se mencionan en la Tabla 16.

Tabla 16

Recursos Humanos

Nombre	Función
Obando Logroño Marco Gabriel	Investigador
Poaquiza González Esteban David	Investigador
Paredes Gordillo Cristian Alejandro	Director del trabajo de unidad de integración curricular

Nota. Esta tabla detalla a las personas involucradas en el proyecto de investigación.

Recursos tecnológicos

En la Tabla 17, se describe los elementos tecnológicos utilizados para el desarrollo del proyecto y su servicio a prestar.

Tabla 17*Recursos tecnológicos*

Equipo	Función
Software de diseño	Software usado para diseño CAD
Paquete office	Software de redacción

Nota. La tabla indica los softwares utilizados para desarrollar el proyecto.

Recursos materiales

Se detalla los recursos materiales en la Tabla 18 que fueron utilizados para construir el sistema.

Tabla 18*Recursos materiales*

Cantidad	Material
5	Módulos ESP32
5	Acelerómetros MPU6050
1	Interfaz HMI Nextion de 7"
5	Switch de Accionamiento ON/OFF
1200	Gramos de filamento de impresión 3D
4	Metros de cable 22 AWG flexible siliconado
5	PCB Fabricación
5	Puertos de Baterías

Cantidad	Material
10	Baterías de Iones de Litio
1	Tira Led RGB
1	Driver Motor TB6612FNG
30	Mini motores de vibración 10000 rpm 3V DC
2	Cinta adhesiva automotriz
2	Relés

Nota. Esta tabla señala los componentes electrónicos utilizados.

Financiamiento

Fue importante tener un presupuesto adecuado para la elaboración del sistema, por consiguiente, en la Tabla 19 se indica los valores de consumo.

Tabla 19

Gastos de la investigación

Ítem	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
ESP32	5	18.00	90.00
Acelerómetro MPU6050	5	10.00	50.00
PCB Fabricación	5	15.00	75.00
Puerto de Baterías	5	20.00	100.00
Interfaz HMI Nextion	1	300.00	300.00
Baterías de Ion Litio	10	5.00	50.00

Ítem	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Tira led RGB	1	12.00	12.00
Driver Motor TB6612FNG	1	18.00	18.00
Switch de Accionamiento ON/OFF	5	2.00	10.00
Mini motores de vibración 10000 rpm 3V DC (Paquete)	30	60	60.00
Gramos de filamento de impresión 3D	1200	0.25	360.00
Metros de cable 22 AWG flexible siliconado	4	1.00	4.00
Cinta adhesiva automotriz	2	15.00	30.00
Relés	2	10.00	20.00
Mano de obra	1	200.00	200.00

Nota. El cuadro figura los valores gastados para crear el proyecto.

Capítulo VI

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

En este documento se desarrolla un sistema de monitoreo, alerta temprana y control a bordo de bajo consumo eléctrico para monitorear las condiciones de alineación de las ruedas motrices y directrices, y que fue fabricado usando los componentes seleccionados de bajo consumo y bajo costo.

Los ángulos de alineación de las ruedas tienen una gran influencia en el rendimiento operativo del automóvil, como seguridad de viaje y estabilidad de conducción. Para mantener el rendimiento del automóvil, se necesita conocer el comportamiento en tiempo real de los ángulos de la dirección, para que, de ser el caso, solucionar la desviación que existe en el sistema y con ello, prolongar la vida útil de sus componentes.

El sistema desarrollado utiliza un módulo de sensor MPU6050 y un microcontrolador ESP32 que garantizan alta confiabilidad en la toma y procesamiento de datos. Los parámetros de alineación de las ruedas se pueden extraer del módulo sensor que se mantiene paralelo al cubo de la rueda, transmitiéndose en tiempo real hacia el conductor mediante una interfaz gráfica que permite configurar y controlar el sistema implementado.

La alineación de ruedas inalámbrica basada en análisis de datos usando un acelerómetro, tiene la ventaja que es un circuito electrónico simple, de bajo costo, alta confiabilidad operativa, alta resolución y alta precisión de medición. Esta configuración permite monitorear la variación de la geometría de la dirección de las ruedas del vehículo durante la conducción, sin la necesidad de recurrir a talleres especializados sobre el tema.

Se adopta un método de comunicación inalámbrica para transmitir los datos entre la unidad de medición y la computadora, lo que facilita la operación del sistema. La inspección práctica del sistema muestra que su desempeño cumple con los requisitos de diseño en un tiempo estimado de 1 segundo de reacción por el tipo de terreno que se vaya a circular.

Este sistema se puede implementar para casi todo tipo de vehículos de cuatro ruedas, donde adicionalmente se tiene un protocolo de comunicación entre sensores, microcontrolador y teléfono móvil que se adapta al sistema de arquitectura funcional para la alineación de ruedas.

Recomendaciones

Investigar y analizar trabajos previos o similares a la misma sobre la geometría de la dirección de un vehículo. Con la finalidad de identificar, algunos puntos importantes en el conocimiento existente y oportunidades para contribuir con nuevos enfoques que aporten con ideas novedosas sobre sistemas que se puedan añadir a los circuitos convencionales existentes en el vehículo.

Implementar el sistema desarrollado en el presente trabajo, en vehículos de mayor tamaño. De esta manera se puede realizar un análisis del comportamiento del sistema en mencionados vehículos que tienen mayor capacidad de carga y con ello, la variación de los parámetros para la toma de datos. De esta manera, se puede comparar los resultados del sistema aplicado tanto en vehículos de carga como en vehículos convencionales.

Realizar un trabajo mucho más centralizado en la comunicación de los sensores de monitoreo implementados en cada rueda con respecto al sistema de almacenamiento de información. Esto con la finalidad de mejorar la precisión en la toma de datos, y con ello, disminuir el tiempo de reacción del sistema ante desperfectos en la geometría de la dirección de vehículo.

Es posible implementar sistemas de similares características a demás componentes y circuitos del vehículo, que permitirán mejorar el control de los mismos y con ello incrementar la percepción de seguridad por parte del usuario, logrando que la conducción sea más agradable y placentera. Implementar el sistema desarrollado en el presente trabajo, en un vehículo de mayor dimensión, para realizar un análisis y compararlo con el proyecto de investigación presente.

Bibliografía

Águeda, E., Gómez, T., Navarro, M., & Díaz, M. (2019). *Sistemas de transmisión de fuerzas y trenes de rodaje: Vol. 2da edición* (Paraninfo). Paraninfo.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=n3GtDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Sistemas+de+transmisi%C3%B3n+de+fuerzas+y+trenes+de+rodaje&ots=0zOa-gpkQ2&sig=aShDW-7JZOJLuJp6Ojl-P1m0xH8#v=onepage&q=Sistemas%20de%20transmisi%C3%B3n%20de%20fuerzas%20y%20trenes%20de%20rodaje&f=false>

Bertoleti, P. (2019). *Proyectos con ESP32 y LoRa*.

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Doi0DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=proyectos+con+esp32+Y+lo&ots=mBqpBfmGln&sig=uC_ufJPc88-lv1I4IA0hGerK9Gs#v=onepage&q=proyectos%20con%20esp32%20Y%20lo&f=false

Castillo, J. C. M., Caballero, P., Carbajosa, J., Gómez, D., & Miranda, J. (2022). *CFGB Instalaciones eléctricas y domóticas*.

https://www.google.com.ec/books/edition/CFGB_Instalaciones_el%C3%A9ctricas_y_dom%C3%B3ticas/CSd1EAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=Tira+LED+RGB&pg=PA163&printsec=frontcover

Dominguez, E. J., & Ferrer, J. (2013). *Elementos amovibles* (Editex).

Escribano Guijo, J. A. (2021). *Sistema de monitorización y auxilio para personas con paraplejia basado en redes LoraWan de José Antonio Escribano Guijo* . 138.

<https://play.google.com/store/books/details?id=pXhMEAAAQBAJ>

Gómez, T., Navarro Martín, Águeda Eduardo, Gonzalo Joaquín, & García José. (2009). *Elementos estructurales del vehículo*.

https://www.google.com.ec/books/edition/Elementos_estructurales_del_veh%C3%ADculo_No

/yrXHEAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=%C3%81ngulo+de+avance&pg=PA114&printsec=frontcover

Luque Rodríguez, Pablo., Álvarez Mántaras, D., & Vera, C. (2004). *Ingeniería del automóvil : sistemas y comportamiento dinámico*. Thomson.

Manual de la técnica del automóvil. (n.d.). Retrieved August 8, 2023, from

https://books.google.com.ec/books?id=lvDitKKI1SAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gsbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Mejía González, J. A., Omar Martínez Martínez, K., Alberto, O., Arrieta, S., Jaffet, I., Carreón, A., En, M., Pedro, C., Magaña, G., & Río, D. (2018). *Módulo de alineación automotriz portátil mediante bluetooth*.

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/27687/M%3%b3dulo%20de%20alineaci%3%b3n%20automotriz%20port%3%a1til%20mediante%20Bluetooth.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rossano, V. (2009). *Electrónica y Microcontroladores PIC*.

https://www.google.com.ec/books/edition/Electr%C3%B3nica_y_Microcontroladores_PIC/N0q5EAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=Interfaz+HMI+Nextion&pg=PA516&printsec=frontcover

Anexos