



1859

UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos

Naturales No Renovables

Carrera de Ingeniería en Mecánica Automotriz

Diseño e implementación de un banco de pruebas para el control de una Dirección Electrónica Asistida.

Trabajo de titulación, previo a la
obtención del Título de Ingeniero
Mecánico Automotriz

AUTOR:

José Ángel Chamba Calderón

DIRECTOR:

Ing. Rubén Darío Carrión Jaura, Mg.Sc.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 28 de octubre del 2024

Ing. Rubén Darío Carrión Jaura, Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de titulación denominado: **Diseño e implementación de un banco de pruebas para el control de una dirección electrónica asistida**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Mecánico Automotriz**, de la autoría del estudiante **José Ángel Chamba Calderón**, con cédula de identidad **Nro. 1105955726**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



firmado electrónicamente por:
RUBEN DARIO CARRION
JAURA

Ing. Rubén Darío Carrión Jaura, Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **José Ángel Chamba Calderón**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional-Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula: 1105955726

Fecha: 28 de octubre del 2024

Correo electrónico: jose.a.chamba@unl.edu.ec

Teléfono: 0984670310

Carta de autorización por parte del autor para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Titulación.

Yo, **José Ángel Chamba Calderón** declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño e implementación de un banco de pruebas para el control de una dirección electrónica asistida**, como requisito para optar el título de **Ingeniero Mecánico Automotriz**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo en la ciudad de Loja, a los veintiocho días del mes de octubre del dos mil veinticuatro.



Firma:

Autor: José Ángel Chamba Calderón

Cédula: 1105955726

Dirección: Av. La Condamine y Eloy Alfaro

Correo electrónico: jose.a.chamba@unl.edu.ec

Celular: 0984670310

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del trabajo de titulación: Ing. Rubén Darío Carrión Jaura, Mg. Sc.

Dedicatoria.

Dedico este trabajo de titulación a mis padres, quienes son el motor de mi perseverancia y motivación, apoyándome siempre en cada decisión que tome, nada de esto sería posible de no ser gracias a su esfuerzo, es por eso y más que les agradezco infinitamente dedicándoles este logro profesional.

José Ángel Chamba Calderón

Agradecimiento.

Doy las gracias a mi director de tesis, por su valiosa guía y apoyo durante la realización de este trabajo. Agradezco también a los docentes por sus conocimientos impartidos y compañeros que de una u otra forma fueron parte de este proceso, importantes para el desarrollo de este trabajo.

A mi familia y amigos, gracias por su comprensión, paciencia y aliento constante, sin su apoyo este valioso logro no habría sido posible.

José Ángel Chamba Calderón

Índice de contenido.

Portada	i
Certificación.....	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenido.....	vii
Índice de tablas	xii
Índice de figuras.....	xiii
Índice de anexos.....	xvii
1. Título.....	1
2. Resumen.....	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	5
4.1 Evolución de los sistemas de dirección.....	5
4.2 Sistema de dirección.....	5
4.3 Tipos de Sistemas de Dirección	5
4.3.1 Dirección Mecánica.....	5

4.3.2	Dirección con Caja Cremallera	6
4.3.3	Dirección con Tornillo Sin Fin.....	7
4.3.4	Dirección con Asistencia Hidráulica.....	8
4.3.5	Dirección con Asistencia Eléctrica	9
4.3.6	Dirección por Cable (Steer by Wire).....	11
4.3.7	Sistema de Dirección como Seguridad Activa	12
4.4	Servodirección electromecánica.....	12
4.4.1	Componentes de la Servodirección Electromecánica.	13
4.4.2	Funcionamiento de la Servodirección Electromecánica.	17
4.5	Protocolo CAN.....	20
4.5.1	Características del BUS CAN	21
4.5.2	Arquitectura de Capas CAN.....	23
4.6	Topología de la red.....	26
4.6.1	Diseño Topológico de la Red.....	26
4.7	PID`s Estándar (OBD-II PID).....	28
4.8	Comunicación con Arduino	29
4.8.1	Estructura de una Placa Arduino.....	30
4.8.2	Operación Básica.....	31
4.8.3	Señales Electrónicas.....	32
4.8.4	Sensores y Actuadores	34

4.8.5	De Entrada y Salida.....	35
4.9	API de Arduino	36
4.9.1	Partes Principales	36
4.9.2	Estructura del Programa.....	37
4.9.3	Bibliotecas.....	37
5.	Metodología	39
5.1	Consideraciones para el diseño del banco.....	39
5.1.1	Ergonomía del Banco Didáctico	39
5.2	Diseño del banco de pruebas.....	41
5.2.1	Prototipos de Bancos de Dirección Asistida	41
5.2.2	Elección de Material Utilizado para la Estructura del Banco y el Recubrimiento.....	42
5.2.3	Modelado del Diseño	46
5.3	Análisis de la estructura del banco didáctico.	49
5.3.1	Descripción del Elemento	49
5.3.2	Materia.	51
5.3.3	Sección del Material.....	52
5.3.4	Mallado.....	53
5.3.5	Cargas.....	54
5.3.6	Resultados	58

5.4	Construcción.....	61
5.4.1	Tipo de Soldadura	61
5.4.2	Resortes de compresión.....	62
5.4.3	Principales Componentes del Banco de Didáctico.....	65
5.4.4	Diseño del Vinil Adhesivo.	66
5.5	Obtención e interpretación de datos de la red CAN.....	68
5.5.1	Construir una Emulación de Comunicación CAN BUS con Arduino y MCP2515. 69	69
5.5.2	Recolección de Información Respecto al Módulo y su Diagrama de Pines y Puertos. 74	74
5.5.3	Obtención de Datos en Vivo de la Red CAN.....	75
5.5.4	Toma de datos a Diferentes Velocidades.	81
5.5.5	Análisis de la Información en Excel.	82
5.5.6	Verificación del ID a través de Gráficas.	86
5.5.7	Entramado de Datos por ID.....	88
6.	Resultados.....	93
6.1	Disposición final del Banco de Dirección Electrónica EPS.....	93
6.2	Validación mediante puesta en funcionamiento.....	94
6.3	Impacto estudiantil del Banco de Dirección Electrónica EPS.	94
6.4	Resultados de las encuestas de satisfacción	99

6.5	Estrategias para mejorar los indicadores que han sido evaluados desfavorablemente	102
6.6	Costos	102
7.	Discusión.....	104
8.	Conclusiones	107
9.	Recomendaciones	109
10.	Bibliografía	111
11.	Anexos	115

Índice de tablas:

Tabla 1. <i>Relación velocidad-distancia.</i>	22
Tabla 2. <i>Fórmulas para determinar rpm, y velocidad.</i>	29
Tabla 3. <i>Comparación de las características de los materiales.</i>	43
Tabla 5. <i>Diferentes vistas del diseño de la estructura del banco.</i>	48
Tabla 6. <i>Códigos para el transmisor de datos.</i>	71
Tabla 7. <i>Códigos para el receptor de datos.</i>	73
Tabla 8. <i>Códigos de programación del CAN USB.</i>	78
Tabla 9. <i>Preguntas generales del Banco de Dirección EPS.</i>	96
Tabla 10. <i>Preguntas sobre las guías prácticas del Banco de Dirección EPS.</i>	98
Tabla 11. <i>Costos generalizados de los materiales.</i>	103

Índice de figuras:

Figura 1. Dirección Mecánica.....	6
Figura 2. Conjunto Piñón y Cremallera Desmontados.	7
Figura 3. Dirección con Caja de Tornillo y Eje Rígido	8
Figura 4. Componentes de la Dirección con Asistencia Hidráulica	9
Figura 5. Sistema de Dirección Asistida Eléctricamente y sus Partes.....	9
Figura 6. EPS con Asistencia en la Columna de Dirección.....	10
Figura 7. EPS con Asistencia en el Piñón.....	11
Figura 8. EPS con Asistencia Sobre la Cremallera.....	11
Figura 9. Servodirección Electromecánica	12
Figura 10. Columna de Dirección.....	14
Figura 11. Barra de Torsión.....	15
Figura 12. Engranaje de Sinfín y eje Motor.....	16
Figura 13. Transmisor de la Posición y Par de la Dirección.....	17
Figura 14. Principio de Funcionamiento.....	18
Figura 15. Funcionamiento de la Servodirección	19
Figura 16. Ejemplo de Reducción de Comunicaciones Necesarias	20
Figura 17. Arquitectura de Protocolos CAN	24
Figura 18. Estado Dominante y Recesivo en el BUS	25
Figura 19. Capa de Enlace (TRAMA) de bus CAN	25
Figura 20. Topología Generalizada de una Red CAN.	27
Figura 21. Estructura de un Nodo CAN.	28
Figura 22. Componentes Clave de una Placa de Arduino	30
Figura 23. Funcionamiento Básico de Arduino	32

Figura 24. Señal Analógica.....	32
Figura 25. Señal Digital.....	33
Figura 26. Consideraciones para la Ergonomía de una Persona Promedio.	40
Figura 27. Dimensiones del Vehículo.....	41
Figura 28. Selección del Diseño a Considerar.....	42
Figura 29. Diagrama Jerárquico.....	43
Figura 30. Análisis del Material de la Estructura	44
Figura 31. Análisis del Material de Recubrimiento de la Estructura.....	46
Figura 32. Levantamiento de las Líneas de Proyección, con sus Respectivas Medidas. 47	
Figura 33. Puntos y Líneas de la Estructura	49
Figura 34. Geometría de BEAM188.....	50
Figura 35. Rigidez del Acero.....	51
Figura 36. Densidad del Material	51
Figura 37. Secciones del Material.....	52
Figura 38. Atributos del Mallado.....	53
Figura 39. Aplicación del Mallado	54
Figura 40. Identificación de los dos Tipos de Secciones.....	54
Figura 41. Definición de los Puntos de Contacto	55
Figura 42. Visualización de los Puntos de Contacto	55
Figura 43. Puntos de Ubicación de las Cargas.....	56
Figura 44. Referencia de la Ubicación de las Cargas y Distancia.	57
Figura 45. Aplicación de Cargas, par de Torsión y Puntos de Contacto	58
Figura 46. Desplazamiento que va a Soportar la Estructura.....	59

Figura 47. Máxima Deformación de la Estructura	59
Figura 48. Reacción por Nodo en los Puntos de Apoyo	60
Figura 49. Construcción del Banco de Pruebas	62
Figura 50. Resorte de Compresión en la Estructura	63
Figura 51. Principales Componentes que Conforman el Banco	66
Figura 52. Diseño del Vinil Adhesivo	67
Figura 53. Circuito Electrónico de Comunicación CAN bus con Arduino y MCP2515. 69	
Figura 54. Ubicación de la Librería	70
Figura 55. Colocación de las Librerías	71
Figura 56. Denominación del Módulo de Control EPS	74
Figura 57. Diagrama Esquemático del Sistema de Dirección EPS.....	74
Figura 58. Conectores del Mazo de Cables	75
Figura 59. Descargar e Instalar CAN Hacker	76
Figura 60. Interfaz de CAN Hacker.....	76
Figura 61. Configuración de CAN Hacker	77
Figura 62. Pines de Conexión CAN HIGT y CAN LOW	80
Figura 63. Visualización de IDs y Códigos del Vehículo.....	81
Figura 64. Conexión para la Recolección de Datos.....	82
Figura 65. Diagrama de Flujo del Análisis de Información en Excel.....	82
Figura 66. Formato Distribuido de la Base de Datos.....	83
Figura 67. Disposición de la Información de la Base de Datos	84
Figura 68. Filtrado de las Celdas	84
Figura 69. Filtrado de cada ID.	85

Figura 70. Fórmula para Convertir los Bits del Lenguaje Hexadecimal a Decimal	86
Figura 71. Gráfica del ID a Diferentes rpm	87
Figura 72. Gráficas del ID a Diferentes Velocidades en Km/h	88
Figura 73. Diagrama de Flujo del Entramado de Datos	89
Figura 74. Entramado de Datos en el Software CANHacker	90
Figura 75. Envío de la Trama de rpm	90
Figura 76. Envío de la trama de la Velocidad.....	91
Figura 77. Líneas de Código para Enviar la Trama de Datos.....	91
Figura 78. Líneas de Programación del Potenciómetro y la Pantalla LCD	92
Figura 79. Disposición del Banco Didáctico EPS	93
Figura 80. Desarrollo de las Guías Prácticas con los Estudiantes	95
Figura 81. Resultados de la Encuesta sobre el Banco de Dirección Electrónica EPS	99
Figura 82. Resultados de la Encuesta Realizada sobre la Practica 1	100
Figura 83. Resultados de la Pregunta Número 10 de la Práctica 1	100
Figura 84. Resultados de la Encuesta Realizada de la Práctica 2	101
Figura 85. Resultados de la Pregunta Número 10 de la Práctica 2	101

Índice de anexos:

Anexo 1. Manual de Usuario y Mantenimiento.....	115
Anexo 2. Guías de Aprendizaje para el Estudiante	128
Anexo 3. Ficha Técnica del Vehículo.....	154
Anexo 4. Líneas de programación.....	155
Anexo 5. Certificado de traducción del resumen.....	159

1. Título

Diseño e implementación de un banco de pruebas para el control de una dirección electrónica asistida.

2. Resumen

El presente trabajo muestra el diseño y la construcción de un banco de pruebas para el control de un sistema de dirección electrónica asistida. El modelo se realizó en el programa Fusión 360, considerando parámetros ergonómicos y de seguridad como el percentil 5 femenino la norma NTE INEN ISO 11226 (2014) e ISO/TR 14738 (2015). A través de un análisis jerárquico (AHP) es seleccionado el material de acero al carbono (ASTM A36), de igual forma con un análisis de elementos finitos en el software ANSYS se determinó el perfil estructural cuadrado ideal de dimensiones 40 x 40 x 2 mm, el cual entrega un coeficiente de seguridad de 3,08. Para el trabajo de soldadura se realizó estimando las normativas ASTM A 36V y AWS. En el funcionamiento del sistema se construye una interfaz a través de una placa de microprocesadores de código abierto “Arduino Uno” y un módulo CAN Bus “MCP2515” que permite leer los datos en vivo que circulan por la red CAN, para seguidamente establecer una metodología que permita identificar el ID de velocidad como las revoluciones por minuto del motor (RPM), indispensables para el módulo. Una vez que se cuenta con esta información, los datos son enviados bajo una previa programación en Arduino Uno y MCP2515, hacia la unidad de control electrónico de la dirección asistida UCE, logrando obtener el nivel de asistencia requerida para velocidades comprendidas entre 0 – 200 km/h. Para la validación del banco se llevó acabo la ejecución de las guías prácticas y encuestas sobre el manual de uso y mantenimiento en donde se obtuvo una aprobación en más del 80% en 23 de 25 indicadores relacionadas con el diseño del banco y la calidad de las guías prácticas, indicando que el banco permitiría alcanzar los resultados de aprendizaje propuestos.

Palabras clave: Banco de pruebas, Dirección Asistida, Red CAN, Arduino, MCP2515.

Abstract

This work shows the design and construction of a test bench for the control of an electronic power steering system. The model was made in the Fusion 360 program, considering ergonomic and safety parameters such as the female 5th percentile of the NTE INEN ISO 11226 (2014) and ISO/TR 14738 (2015) standards. Through a hierarchical analysis (AHP) is selected the carbon steel material (ASTM A36), likewise with a finite element analysis in ANSYS software was determined the ideal square structural profile of dimensions 40 x 40 x 2 mm, which delivers a safety coefficient of 3,08.

The welding work was carried out by estimating the ASTM A 36V and AWS standards. In the operation of the system, an interface is built through an open-source microprocessor board “Arduino Uno” and a CAN Bus module “MCP2515” that allows reading the live data circulating through the CAN network, to then establish a methodology to identify the speed ID as the revolutions per minute of the engine (RPM), essential for the module.

Once this information is available, the data is sent under a previous programming in Arduino Uno and MCP2515, to the electronic control unit of the power steering UCE, obtaining the level of assistance required for speeds between 0 - 200 km/h. For the validation of the bench, the execution of the practical guides and surveys on the use and maintenance manual were carried out, where more than 80% approval was obtained in 23 out of 25 indicators related to the design of the bench and the quality of the practical guides, indicating that the bench would allow achieving the proposed learning results.

Keywords: Test Bench, Power Steering, CAN Network, Arduino, MCP2515.

3. Introducción

La carrera de Ingeniería Automotriz abierta recientemente en el año 2020 con régimen 2019, no cuenta con los equipos necesarios que permitan reafirmar y profundizar la teoría con la práctica que los docentes imparten a los estudiantes. Bien es cierto que la parte teórica es una parte indispensable para la comprensión de los sistemas, pero con la parte práctica el estudiante gana experiencia fundamental para enfrentar los problemas que llegasen a surgir en su vida profesional.

En la primera parte se realiza una revisión del estado de arte de los diferentes sistemas de control de la dirección asistida, así como un análisis del dimensionamiento y disposición de los componentes de bancos didácticos comerciales como trabajos de investigación similares.

Posterior a ello se realiza un modelo CAD y un análisis CAE, que permiten evaluar la integridad de la estructura, en la parte de construcción se visualiza una metodología de selección de material y procesos de soldadura.

En la sección diseño y construcción de la interfaz de comunicación se detalla la programación y la conexión entre los diferentes módulos para obtener la respuesta deseada en la dirección electrónica.

Finalmente se elabora un manual de uso, funcionamiento y mantenimiento del banco con el fin de alargar la vida útil del mismo, y salvaguardar la salud de los estudiantes. Se acompaña de guías prácticas, en la que los estudiantes podrán afianzar sus conocimientos impartidos por los docentes en las diferentes materias.

4. Marco teórico

4.1 Evolución de los sistemas de dirección

La evolución de la dirección del vehículo ha pasado de los primeros sistemas mecánicos a las direcciones hidráulicas y electrohidráulicas, hasta llegar a las modernas gestionadas eléctricamente. A pesar de la gestión eléctrica en esta última, aún es necesario mantener una conexión mecánica entre el volante y la cremallera de dirección, algo que se elimina con la tecnología Steer-by-wire, (Noroña & Gómez, 2019).

4.2 Sistema de dirección

El sistema de dirección es el encargado de dirigir al vehículo transversalmente, desplazándolo de izquierda a derecha según lo requiera el conductor. Esto se da gracias a la acción de dos componentes importantes como es el volante y las ruedas, conectados mediante un sistema mecánico, hidráulico o eléctrico, que va a generar asistencia al conductor para realizar un cambio de dirección aplicando un menor esfuerzo.

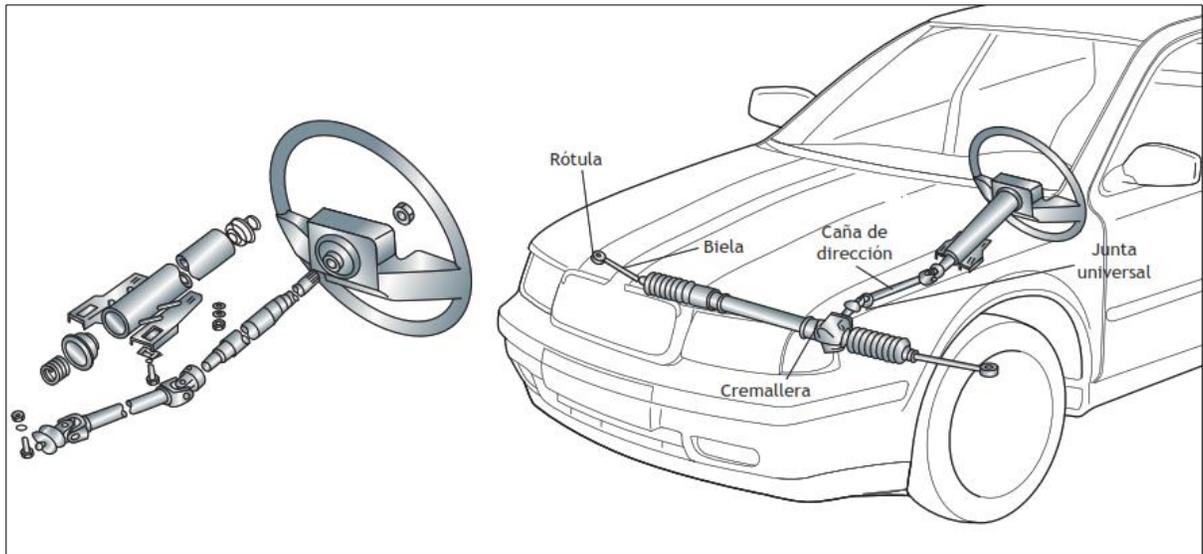
Al ser uno de los sistemas más importantes en el vehículo, con el paso del tiempo y el avance tecnológico de los vehículos, este sistema ha venido evolucionando, incorporando importantes mejoras que aportan al conductor mayor confort y seguridad.

4.3 Tipos de Sistemas de Dirección

4.3.1 *Dirección Mecánica*

Esta es la más utilizada en vehículos livianos. En la figura 1, se puede apreciar la simplicidad del sistema y sus componentes, además que su funcionamiento es netamente mecánico, lo que genera dificultad en la manipulación del volante en un vehículo con mayor peso. La dirección asistida ha sido la encargada de reemplazarla ya que permite reducir los esfuerzos de giro del conductor, también ofrece seguridad y precisión.

Figura 1.
Dirección Mecánica



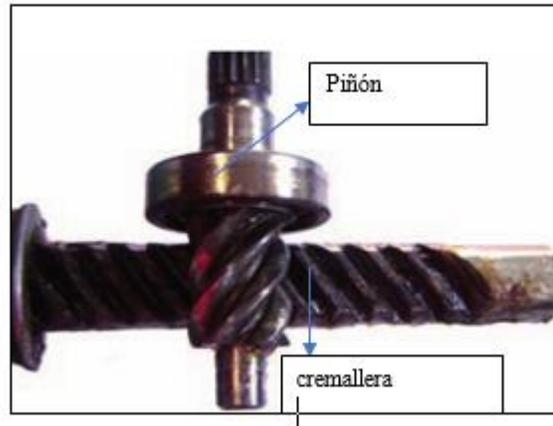
Nota. Componentes del sistema de dirección mecánica tomada de “*circuitos de fluidos, suspensión y dirección*”, por (Domínguez & Ferrer, s. f.).

4.3.2 *Dirección con Caja Cremallera*

La caja des multiplicadora de cremallera es el componente distintivo de este tipo de dirección. Su función es convertir el movimiento giratorio del volante en un movimiento lineal en la barra de mando. Este movimiento lineal se transmite a las manguetas de las ruedas delanteras a través de articulaciones, bieletas y rótulas. Su diseño simple y compacto figura 2, permite aprovechar de mejor manera los espacios en el compartimiento del motor, además que proporciona una respuesta directa al volante y se puede integrar fácilmente con la dirección asistida.

Figura 2.

Conjunto Piñón y Cremallera Desmontados.

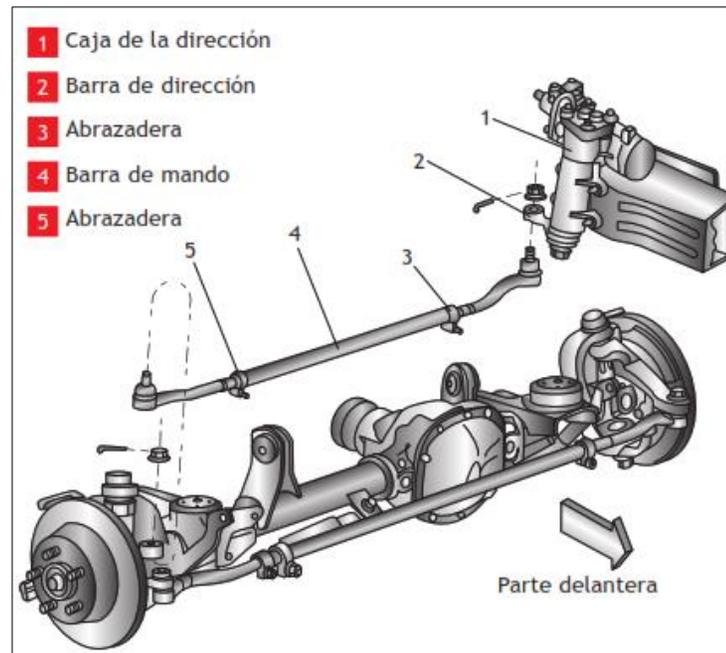


Nota. Conjunto piñón cremallera tomada de '*circuítos de fluidos, suspensión y dirección*', por (Domínguez & Ferrer, s. f.).

4.3.3 Dirección con Tornillo Sin Fin

La dirección de tornillo sin fin cuenta con un mayor número de barras o tirantes en comparación con la dirección de cremallera. Estos tirantes facilitan el movimiento y giro de las manguetas de ambas ruedas en vehículos con características mecánicas particulares, como aquellos con un eje delantero rígido, tal como se muestra en la figura 3. La robustez y durabilidad de este sistema permiten que pueda soportar grandes cargas y fuerzas, además de que ofrece buena estabilidad y precisión para controlar el vehículo especialmente donde se requiere una dirección precisa, siendo ideal para vehículos todo terreno, vehículos pesados y de aplicaciones industriales.

Figura 3.
Dirección con Caja de Tornillo y Eje Rígido



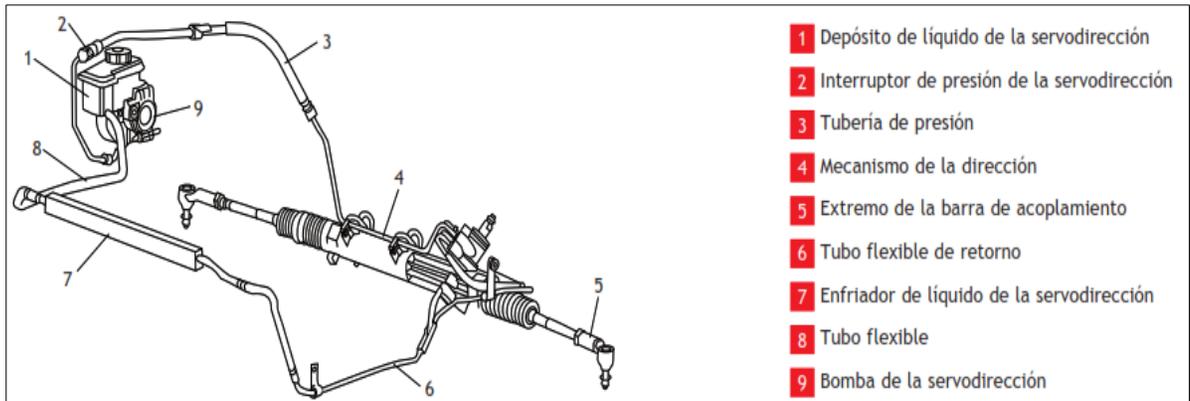
Nota. Partes que conforman la dirección de tornillo sin fin tomada de “circuitos de fluidos, suspensión y dirección”, por (Domínguez & Ferrer, s. f.).

4.3.4 *Dirección con Asistencia Hidráulica*

Se considera un sistema hidro-mecánico que asiste a la dirección mediante un sistema hidráulico ayudando a direccionar el vehículo sin mayor esfuerzo. En la figura 4, se pueden apreciar los componentes de este sistema que viene siendo el más utilizado en la mayoría de vehículos de baja gama en la actualidad, ya que de entre los tipos de dirección asistida es la más económica.(Obando et al., 2022).

Figura 4.

Componentes de la Dirección con Asistencia Hidráulica



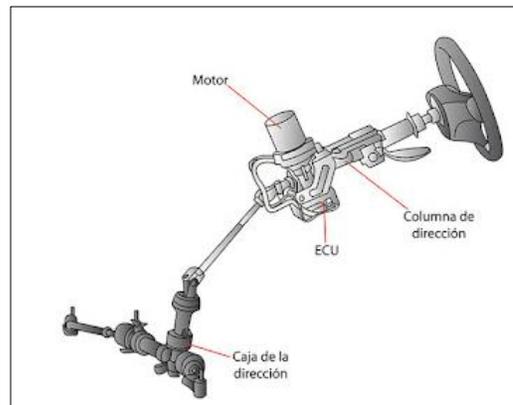
Nota: partes de dirección hidráulica tomada de “*circuitos de fluidos, suspensión y dirección*”, por (Domínguez & Ferrer, s. f.).

4.3.5 Dirección con Asistencia Eléctrica

Los sistemas de dirección asistida eléctrica (EPS) son sistemas de control comandados por un motor eléctrico DC para aportar asistencia al mecanismo de dirección, utilizan una parte electrónica ECU (Unidad de Control Electrónica) encargada del correcto funcionamiento del sistema. En la siguiente figura 5 se puede observar el sistema de dirección asistida eléctrica con sus partes principales.

Figura 5.

Sistema de Dirección Asistida Eléctricamente y sus Partes



Nota. Partes de dirección con asistencia eléctrica tomada de “*circuitos de fluidos, suspensión y dirección*”, por (Domínguez & Ferrer, s. f.).

Los sistemas de dirección asistida eléctrica se pueden clasificar en distintos tipos, dado el punto de aplicación de la fuerza de asistencia como son:

- **Asistencia en la columna de dirección.** _Este sistema se usa en vehículos de clase media, con motor de pequeño cilindraje, permitiendo mejorar el ahorro de combustible y reducción de espacio. En la siguiente figura 6 se muestra el mecanismo de dirección asistida eléctrica en la columna.

Figura 6.

EPS con Asistencia en la Columna de Dirección



Nota. EPS en la columna de dirección, tomada de (autoreparacionessanchez, 2022).

- **Asistencia en el piñón.** _ Aquí la asistencia del motor está directamente acoplado al piñón. El MDPS (Motor Driven Power Steering) se encuentra instalado entre el piñón y cremallera. Esto permite un mejor ensamble del sistema, facilitando los reemplazos de piezas. Presenta como dificultad el desensamblado al momento que el sistema requiera un cambio del MDPS. En la siguiente figura 7 se muestra el mecanismo de dirección asistida eléctrica en el piñón.

Figura 7.

EPS con Asistencia en el Piñón



Nota. EPS en el piñón tomada de (autoreparacionessanchez, 2022).

- **Asistencia en la cremallera.** _Esta es aplicada en la cremallera, permitiendo mayor flexibilidad en la disposición de diseño. Se utiliza en vehículos pesados, para maniobrar mayor cantidad de cargas. En la figura 8 se puede observar el sistema de dirección asistida eléctrica en la cremallera.

Figura 8.

EPS con Asistencia Sobre la Cremallera



Nota: EPS en la cremallera, tomada de (autoreparacionessanchez, 2022).

4.3.6 Dirección por Cable (Steer by Wire)

Es lo último en tecnología para la asistencia del sistema de dirección. Este sistema se basa en un aislamiento mecánico existente entre el volante y las ruedas, la transmisión se produce por medio de un computador, en el cual las perturbaciones generadas en las ruedas quedan aisladas del conductor ofreciendo un mayor confort de conducción, (Hasan & Anwar, 2008).

4.3.7 Sistema de Dirección como Seguridad Activa

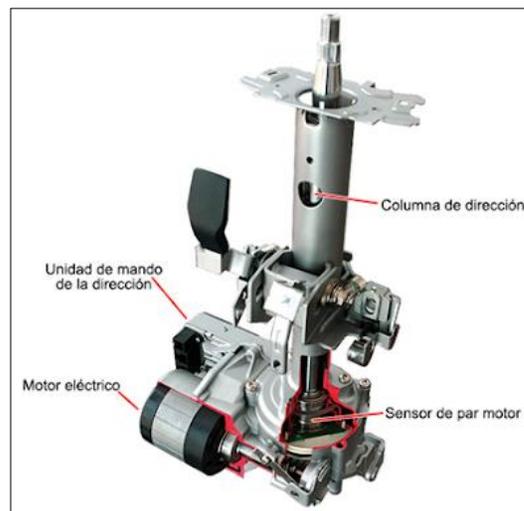
El sistema de dirección asistida se considera como un sistema de seguridad activa ya que esta aumenta la resistencia de algunos sistemas del vehículo a elevadas velocidades, en especial en la dirección del volante. La asistencia en la dirección permite la reducción de accidentes ya que limita los movimientos descontrolados en el volante por parte involuntaria del conductor, (Rojas Armijos & Jaramillo Vásquez, 2012).

La dirección asistida eléctrica es una de las más eficientes ya que a bajas velocidades beneficia al conductor a cambiar de dirección, aplicando el mínimo esfuerzo gracias a la asistencia recibida, mientras que, a altas velocidades, la asistencia pasa de mínima a nula, con la finalidad de no perder el control de la dirección del vehículo, (Condori Cute, 2015).

4.4 Servodirección electromecánica

Este tipo de sistema de dirección, proporciona asistencia eléctrica a través de un motor eléctrico que transmite movimiento a la columna de dirección, como se aprecia en la figura 9.

Figura 9.
Servodirección Electromecánica



Nota: conjunto de servodirección electromecánica, tomada de “circuitos de fluidos, suspensión y dirección”, por (Domínguez & Ferrer, s. f.).

El sistema de servodirección electromecánica esta agrupado en una unidad compacta. Los componentes son: la unidad de control electrónico, motor eléctrico y los sensores necesarios para la asistencia, son parte de esta unidad, permitiendo reducir gran cantidad de cableado, disminuyendo la complejidad del sistema.

Está compuesta por una columna en la que están montados los componentes principales que son:

- Mando combinado en la columna de dirección.
- Tubo envolvente.
- Engranaje sinfín con transmisor de posición y transmisor del par de dirección.
- Motor para servodirección electromecánica.
- Unidad de control para la electrónica de la columna y eje de crucetas, hacia la caja de dirección mecánica.

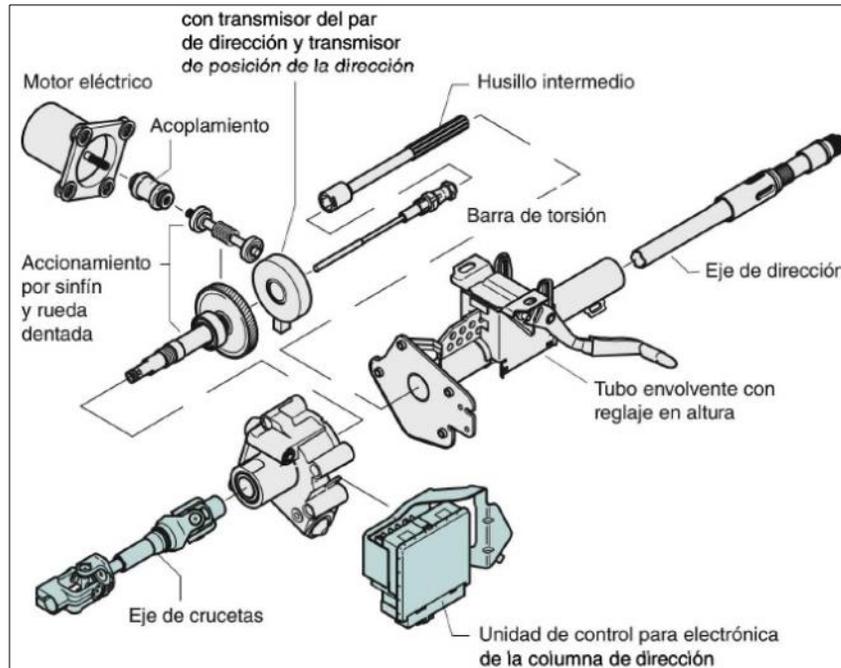
4.4.1 *Componentes de la Servodirección Electromecánica.*

Unidad de control para electrónica. Está montada en una armazón atornillada a la carcasa del engranaje sinfín. Basándose en la información proporcionada por el sensor de par, de posición y el de velocidad, la unidad de control calcula el nivel requerido de asistencia en la dirección, dependiendo de la velocidad que se desplaza el vehículo.

Columna de dirección. Cumple la función de unir el volante con la cremallera, como se ve en la figura 10. Conformada por:

- El mecanismo para el reglaje de la altura.
- Eje de crucetas comunicadas mediante un brazo telescópico corto. Su misión es ajustar las longitudes del reglaje en altura y en caso de colisión frontal proteger a los ocupantes.

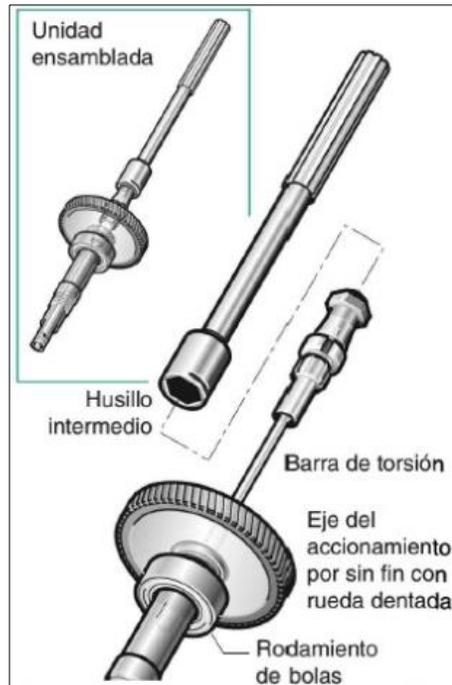
Figura 10.
Columna de Dirección



Nota. Componentes de la columna de dirección, tomada de “*circuítos de fluidos, suspensión y dirección*”, por (Domínguez & Ferrer, s. f.).

Barra de torsión. Las propiedades del material permiten una deformación elástica controlada alrededor de su eje geométrico longitudinal. La barra de torsión sirve como conexión mecánica entre el husillo intermedio y el eje de accionamiento del tornillo, como se aprecia en la figura 11.

Figura 11.
Barra de Torsión

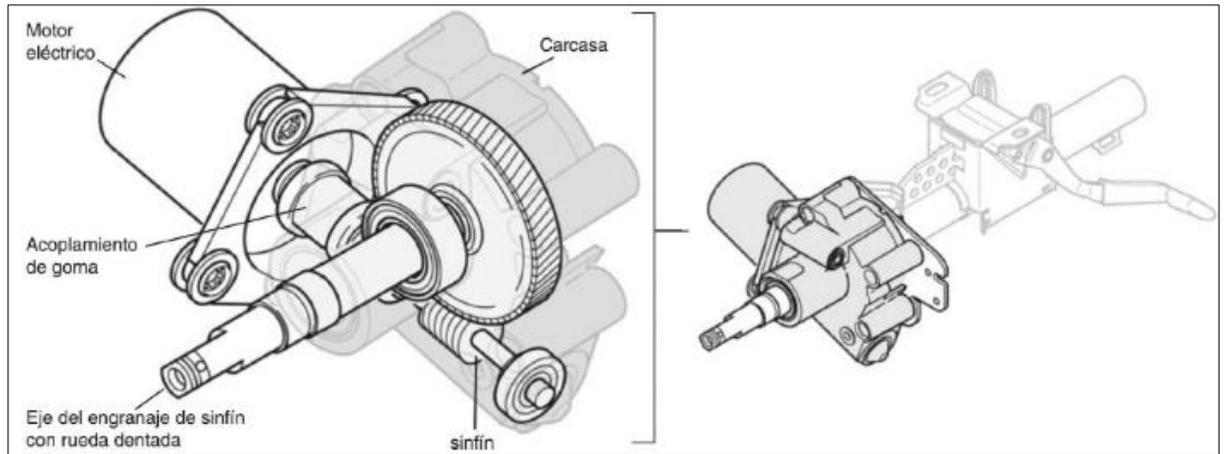


Nota. Componentes de la barra de torsión, tomada de “*circuitos de fluidos, suspensión y dirección*”, por (Domínguez & Ferrer, s. f.).

Mediante esta conexión, el husillo intermedio y el eje de accionamiento del sinfín pueden desalinearse ligeramente. Este ángulo bastará para que el sistema entienda el inicio de un movimiento de dirección.

Engranaje sinfín. Se encuentra en una carcasa de aluminio, en la que también se incluye el motor eléctrico, como se observa en la figura 12. El sinfín junto al eje del motor, trabaja contra la rueda dentada unida a la columna de dirección. Tanto el cuerpo de la rueda dentada como el sinfín están hechos de metal, mientras que la corona dentada es de plástico. Esto ayuda a disminuir el posible ruido mecánico.

Figura 12.
Engranaje de Sinfín y eje Motor



Nota. Componentes del sinfín junto al eje motor, tomada de “*circuítos de fluidos, suspensión y dirección*”, por (Domínguez & Ferrer, s. f.).

Motor para servodirección electromecánica. Esta atornillado a la carcasa del engranaje de sinfín, como se mostró en la figura 12. Para evitar la transmisión de vibraciones entre el motor y la columna de dirección, el eje del motor está conectado al eje sinfín mediante un acoplamiento de goma flexible. Esto permite que el inicio del funcionamiento del motor se transmita de manera muy suave en el engranaje sinfín. Por su respuesta inmediata, permitiendo una asistencia inmediata inclusive en los movimientos de dirección de mayor velocidad.

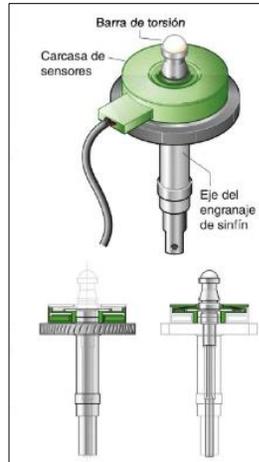
Transmisor de posición y par de dirección. Estos van alojados en una carcasa compartida, figura 13. Se encuentran sobre el eje del sinfín, por encima de la rueda dentada.

Transmisor de posición de la dirección. Está comunicado con el eje del engranaje sinfín. Su misión es detectar los movimientos del volante y la posición actual en la que se encuentra la dirección.

Transmisor del par de dirección. Está conectado a la barra de torsión. Se encarga de medir el ángulo de ajuste de la barra de torsión con relación al husillo intermedio. La unidad de control usa la información para calcular un par de giro necesario para la asistencia.

Figura 13.

Transmisor de la Posición y Par de la Dirección



Nota. Partes del transmisor de par de torsión, tomada de “*circuitos de fluidos, suspensión y dirección*”, por (Domínguez & Ferrer, s. f.).

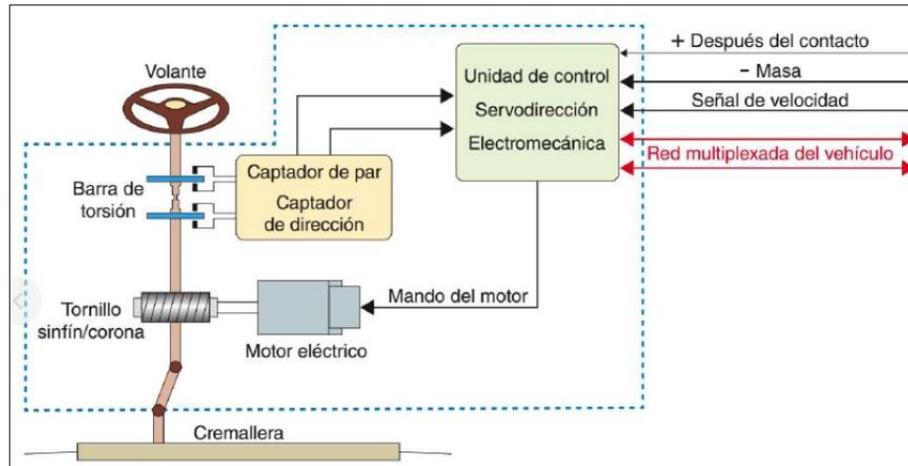
4.4.2 *Funcionamiento de la Servodirección Electromecánica.*

En la figura 14, se puede observar el esquema de cómo se da el funcionamiento de la servodirección electromecánica. La unidad de control electrónico utiliza la información proporcionada fundamentalmente por dos captadores, que son:

- **Par y posición.** Determina el esfuerzo que el conductor aplica sobre el volante y posición angular.
- **Velocidad.** Informa de la propia velocidad del vehículo.

La asistencia de la dirección se realiza fundamentalmente en función de la velocidad del vehículo. La gestión electrónica del motor eléctrico determina una dirección de relación variable, capaz de adaptarse a cada situación.

Figura 14.
Principio de Funcionamiento



Nota. Esquema de funcionamiento de la servodirección electromecánica, tomada de (*DIRECCIÓN ASISTIDA ELECTRICAMENTE - ppt descargar, s. f.*).

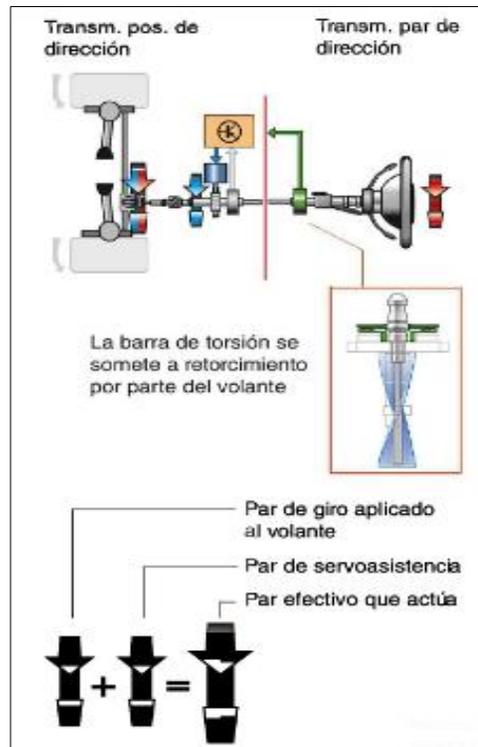
Cuando el conductor empieza a mover la dirección, se produce un decalaje en la barra de torsión como se observa en la figura 15. El transistor del par de dirección que gira con la barra de torsión, abastece a la unidad de control información sobre la magnitud y la dirección del par que fue aplicado al volante.

Con base en estas señales, la unidad de control electrónica va a calcular el par de necesario y va ajusta el motor eléctrico de la siguiente forma:

- La combinación del par aplicado al volante y el par de servoasistencia genera el par ideal que va actuar sobre la caja de dirección.
- Si el conductor incrementa el par en el volante, se aumentará el par de servoasistencia proporcionado por el motor para facilitar el giro.
- Si el conductor disminuye el par aplicado al volante, la torsión en la barra se reduce, y el transmisor de par envía una señal menos intensa a la unidad de control. Esta, va a reducir la excitación del motor eléctrico para disminuir el par de servoasistencia.

- Si el conductor no sujeta el volante en una curva, la barra de torsión se destensa. La electrónica ajusta el motor eléctrico para interrumpir el par de servoasistencia.
- Si el vehículo no se desplaza en trayectoria recta, el transmisor de posición de la dirección lo detecta, y la unidad de control activa el motor eléctrico para alinear la dirección en posición rectilínea.
- El sistema monitorea continuamente las señales de entrada y salida, así como el funcionamiento de los componentes.
- En caso de fallo en el sistema, la unidad de control enciende un testigo luminoso en el panel de instrumentos indicando una avería.

Figura 15.
Funcionamiento de la Servodirección



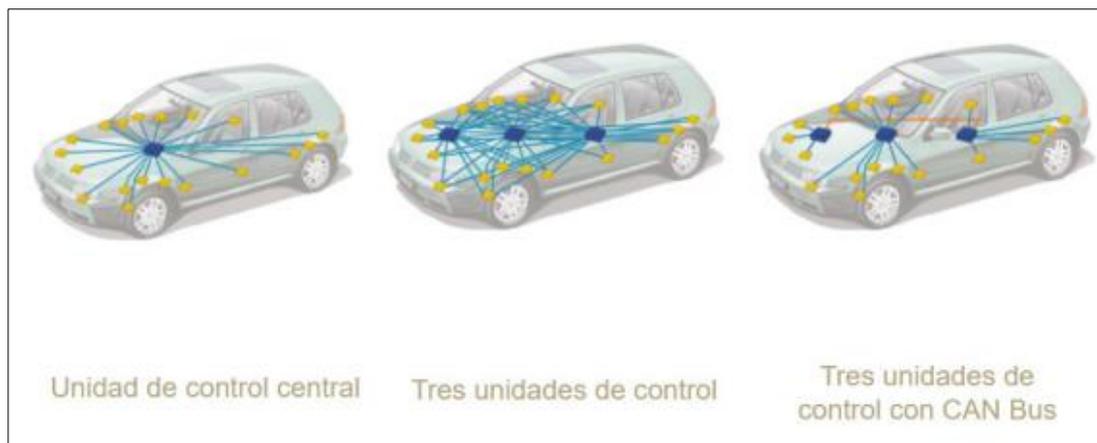
Nota. Esquema de funcionamiento de la servodirección, tomada de “circuitos de fluidos, suspensión y dirección”, por (Domínguez & Ferrer, s. f.).

4.5 Protocolo CAN

La tecnología CAN es un protocolo de comunicación utilizado en entornos y sistemas que requieren operaciones en tiempo real, desarrollada por la compañía Robert Bosch GmbH en 1986, producto de la necesidad por conectar cada vez más dispositivos electrónicos en el interior de los vehículos. Debido a sus garantías, es comúnmente utilizado en el sector de la automoción y la aeronáutica, donde la confiabilidad en las comunicaciones es crucial para el funcionamiento adecuado de los sistemas.

La implementación de este modelo de comunicaciones supuso un avance en cuanto a la cantidad de conexiones entre dispositivos, necesarios para mantener todos los elementos comunicados, ya que este protocolo utiliza un único bus de comunicaciones, compartidos por todos los dispositivos y evita la necesidad de establecer una conexión punto a punto con cada uno de ellos. En la figura 16, se puede observar la simplicidad de las conexiones al momento de trabajar con el protocolo CAN Bus.

Figura 16.
Ejemplo de Reducción de Comunicaciones Necesarias



Nota. Reducción de comunicaciones, tomada de “Introducción a CAN bus” por (Requena, s. f.)

4.5.1 *Características del BUS CAN*

Es un protocolo de comunicación serie que soporta el control distribuido en tiempo real con un alto grado de seguridad y multiplexión conforme a la norma ISO 11898, quien es el estándar internacional para la comunicación de alta velocidad usando el protocolo de bus CAN, y que se caracteriza por ser:

- **Estandarizado:** es un protocolo establecido por las normas ISO (Organización Internacional de Normalización), en particular la ISO 11898, que fue modificada y subdividida para trabajar con varios aspectos del protocolo CAN.
- **Medio de transmisión adaptable:** se reduce el cableado en comparación con otros sistemas, utilizando como estándar de transmisión un par trenzado.
- **Estructura definida:** la información que se envía por medio de los dos cables (bus) está conformada por paquetes de bits de longitud limitada, con estructura bien definida de campos que conforman el mensaje.
- **Programación sencilla.**
- **Numero de nodos:** es posible la conexión de hasta 32 nodos en una única red CAN.
- **Garantía de tiempos de latencia:** el protocolo asegura la transmisión de una cantidad específica de datos en un plazo determinado, garantizando que la latencia de extremo a extremo no exceda un tiempo predefinido, y que los datos se envíen en tiempo real.
- **Optimización de ancho de banda:** los métodos usados para distribuir los mensajes en la red, como el envío de datos según su prioridad, aportan a un uso más eficaz con relación al ancho de banda disponible.

- **Desconexión de nodos defectuosos:** la falla de un nodo, independientemente de la causa, la red podrá seguir trabajando. De igual forma, es posible agregar nuevos nodos al bus sin que se vea afectado el resto del sistema.
- **Velocidad flexible:** ISO establece una red de alta velocidad (hasta 1Mbps) especificada por la ISO 11898-2, y una red de baja velocidad que tolera fallos (hasta 125Kbps) especificada por la norma ISO 11898-3.
- **Relación de velocidad distancia:** la velocidad se modifica en función de la distancia, hasta un máximo de 1000 metros, aunque es posible implementar repetidores o puentes. Esto se observa en la tabla 1, en donde se compara la relación entre la velocidad y distancia para el protocolo CAN.

Tabla 1

Relación velocidad-distancia.

Velocidad (Kbps)	Tiempo de bit (us)	Longitud máxima del bus (m)
1000	1	30
800	1.25	50
500	2	100
250	4	250
125	8	500
50	20	1000
20	50	2500
10	100	5000

Nota. Relación velocidad-distancia. Obtenida de (Muñoz Vizhñay & Tenesaca Arpi, 2013).

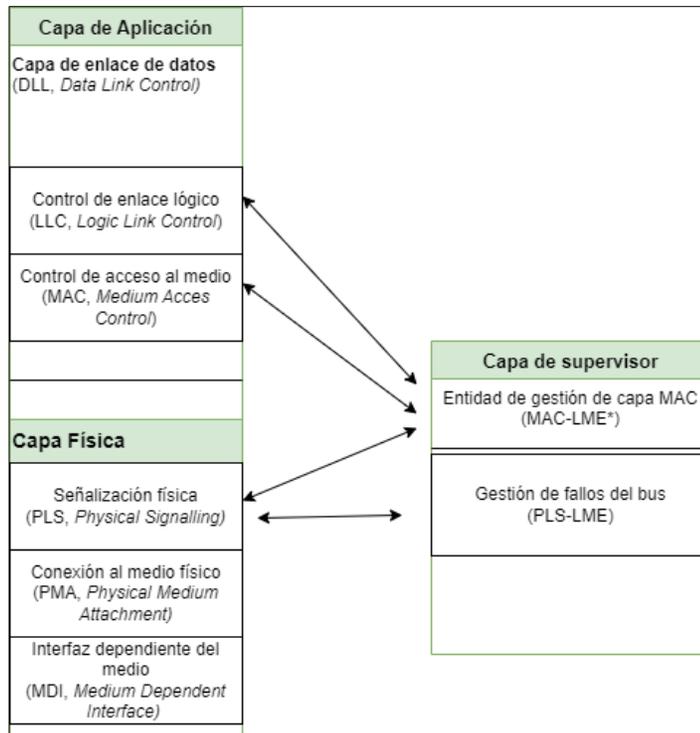
- **Orientado a mensajes:** es un protocolo enfocado en mensajes que en direcciones; es decir, la información a intercambiar se divide en mensajes que reciben un identificador y se encapsulan en tramas para su transmisión. Cada mensaje cuenta con un identificador único dentro de la red, y los nodos deberán aceptar o no el mensaje basado en este identificador. Además, los mensajes están priorizados.
- **Multidifusión (multicast):** autoriza que los nodos accedan al bus simultáneamente, con sincronización temporal definida.
- **Medio compartido (Broadcasting):** la información se transmite a todos los destinos en la red simultáneamente; por lo tanto, cada destino deberá informar si la información le pertenece o no.
- **Detección y señalización de errores:** CAN cuenta con una amplia capacidad para detectar errores, sean temporales o permanentes, utilizando cinco mecanismos de detección: 3 a nivel de mensaje y 2 a nivel de bit.
- **Retransmisión automática de tramas erróneas:** garantiza la integridad de los datos, llegando a ser un proceso transparente para el usuario.
- **Jerarquía multimaestro:** CAN es un sistema multimaestro donde puede haber múltiples maestros simultáneamente en la misma red. Esto significa que todos los nodos pueden transmitir, lo que permite crear sistemas inteligentes y redundantes. (Calva Cuenca, 2010)

4.5.2 *Arquitectura de Capas CAN*

El protocolo CAN, según el modelo de referencia OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos), tiene una arquitectura que estandariza la capa física y de enlace. Diversas soluciones de

software no estandarizadas cubren la capa de aplicación. Además, CAN incluye una capa especial para la gestión y control de nodos, denominada capa de supervisión. La figura 17, muestra cómo se encuentra conformada la arquitectura de los protocolos CAN.

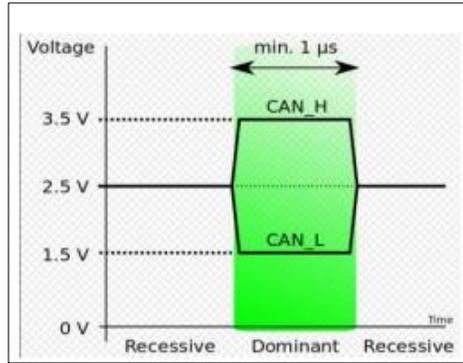
Figura 17.
Arquitectura de Protocolos CAN



Nota. Arquitectura de los protocolos de comunicación, adaptada de (Morales, s. f.) a través de Draw.io

La capa física consiste en un par trenzado de 2 hilos con una impedancia característica de 120Ω . Hay dos estados lógicos: un 0 representa un estado dominante (CAN high), y un 1 que representa un estado recesivo (CAN low). En la figura 18 se puede observar que en estado recesivo los dos cables se encuentran al mismo nivel de tensión, por otra parte, en estado dominante, surge una tensión diferencial de al menos 1.5V entre los cables. (Calva Cuenca, 2010).

Figura 18.
Estado Dominante y Recesivo en el BUS

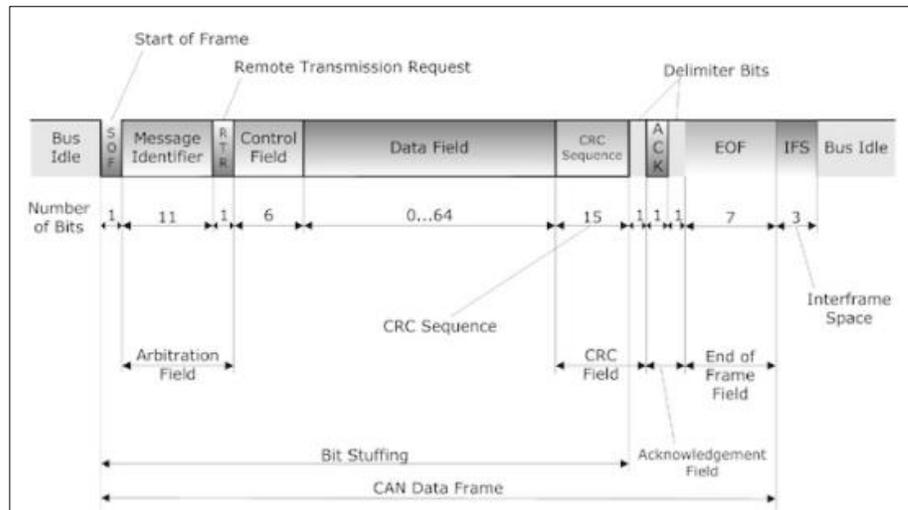


Nota. Estado dominante y recesivo, tomada de “Diseño de una red basada en el bus CAN para la adquisición de datos” por (Pérez Barreto, 2019).

A la hora de colisionar un estado dominante con un recesivo, durante el proceso de arbitraje va a predominar el estado dominante a causa de la tensión diferencial. Es por esto que, en caso de colisiones entre mensajes, el 0 prevalece sobre el 1.

En la figura 19, se aprecia que la capa de enlace se encarga de definir la trama, siendo esta la manera en que se organizan los bits, mientras se da su transmisión por el canal.

Figura 19.
Capa de Enlace (TRAMA) de bus CAN



Nota. Tomada de “Diseño de una red basada en el bus CAN para la adquisición de datos”, autor (Pérez Barreto, 2019).

Los campos más relevantes son:

- **SOF (Start Of Frame):** el bit que anuncia la intención de transmitir se utiliza para sincronizar los nodos.
- **Identificador:** en la trama estándar de 11 bits, se utiliza para el proceso de arbitraje y evitar colisiones.
- **Campo de control:** de los 6 bits de esta zona, 4 están reservados para el DLC (código de longitud de datos), que indica la cantidad de datos que se enviarán a continuación. Ofreciendo un valor máximo de 0x08 códigos.
- **Campo de datos:** cada uno de los datos tiene un tamaño constante de 1 byte. En cada mensaje CAN pueden incluirse un máximo de 64 bits, equivalente a 8 datos de 1 byte cada uno.
- **Los campos CRC Y ACK:** detección de errores.
- **EOF (End Of Frame):** 7 bits recesivos, indican fin de la transmisión. (Pérez Barreto, 2019)

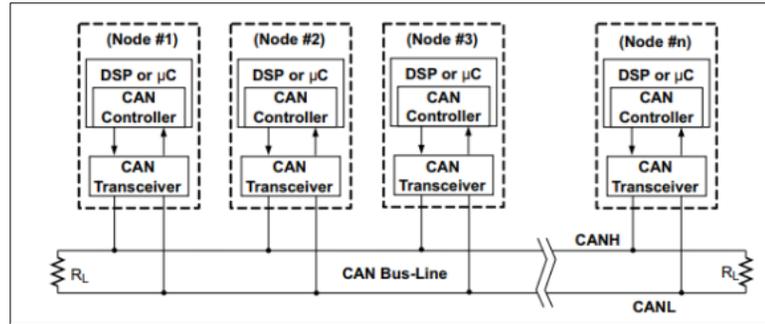
4.6 Topología de la red

4.6.1 *Diseño Topológico de la Red.*

La red CAN posee una estructura establecida en la figura 20, se puede apreciar de manera general su topología de la siguiente forma:

Figura 20.

Topología Generalizada de una Red CAN.



Nota. Tomada de “Diseño de una red basada en el bus CAN para la adquisición de datos” por (Pérez Barreto, 2019)

En este caso, la estructura de nodos se ha diseñado según una división funcional, donde cada nodo se encarga de un conjunto específico de funciones. Estas funciones se dividen en:

1. Medición continua y retransmisión de magnitudes físicas como revoluciones, velocidad y temperatura.
2. Control de las luces de iluminación y detección de errores.
3. Recepción y visualización de datos provenientes de otros nodos, así como la posibilidad de transmitir estos datos fuera del sistema a través de radio o bluetooth.

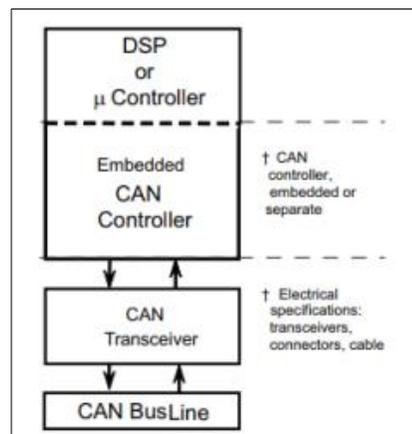
Es crucial destacar una de las características más notables de este tipo de bus: su adaptabilidad. Si en el futuro se necesitara agregar nuevos nodos (que introduzcan nuevas funciones en el vehículo) o modificar el funcionamiento de los nodos existentes (ajustando la prioridad de los mensajes o añadiendo nuevos), esto sería muy sencillo gracias a las características del bus.

- Dado que es un bus en paralelo, agregar un nuevo nodo no requiere modificar las conexiones existentes entre los nodos previos, sino simplemente integrarlo a la red.
- Como el sistema se basa en la prioridad de los mensajes, el único requisito para el nuevo nodo es respetar las prioridades de los mensajes ya establecidos.

- En cuanto al comportamiento de los nodos existentes frente al nuevo nodo, solo es necesario realizar un filtrado adecuado de los mensajes para que solo los nodos relevantes procesen los mensajes que les correspondan.

En conclusión, el diseño topológico se ha creado para satisfacer algunas de las necesidades principales del vehículo, pero es un diseño flexible que permite modificaciones futuras sin complicaciones. En la figura 21, se describe la topología por separado que posee cada nodo.

Figura 21.
Estructura de un Nodo CAN.



Nota. Tomada de “Diseño de una red basada en el bus CAN para la adquisición de datos” por (Pérez Barreto, 2019)

4.7 PID's Estándar (OBD-II PID)

La Sociedad Americana de Ingenieros, implementó la norma J2012 para estandarizar el formato de los códigos, permitiendo que los scanner accedan a diversos sistemas de los vehículos sin importar la marca.(Villamar Aguirre, 2008)

El técnico utiliza un escáner para comunicarse con el sistema OBD-II, lo que le permite obtener información o borrar códigos de falla. Algunos escáneres cuentan con interfaces “amigables para el usuario”, que ofrecen descripciones y gráficos, mientras que otros

proporcionan acceso básico al sistema mediante números binarios o hexadecimales. Este último tipo de comunicación es el que se describe a continuación.

En el presente proyecto como puntos fundamentales para el funcionamiento del sistema se va a necesitar identificar los PID`s tanto de velocidad como de RPM del motor, para lo cual bajo una previa metodología en el software de Excel se aplica las fórmulas mostradas a continuación en la tabla 2.

Tabla 2

Fórmulas para determinar rpm, y velocidad

PID (hex)	Bytes de respuesta	Descripción	Valor mínimo	Valor máximo	Unidad	Fórmula
0C	2	RPM del motor	0	16,383.75	Rpm	$(256A+B)/4$
0D	1	Velocidad del vehículo	0	255	Km/h	A

Nota: tomada de (Arévalo Calderón & Ortega Ulloa, 2016)

4.8 Comunicación con Arduino

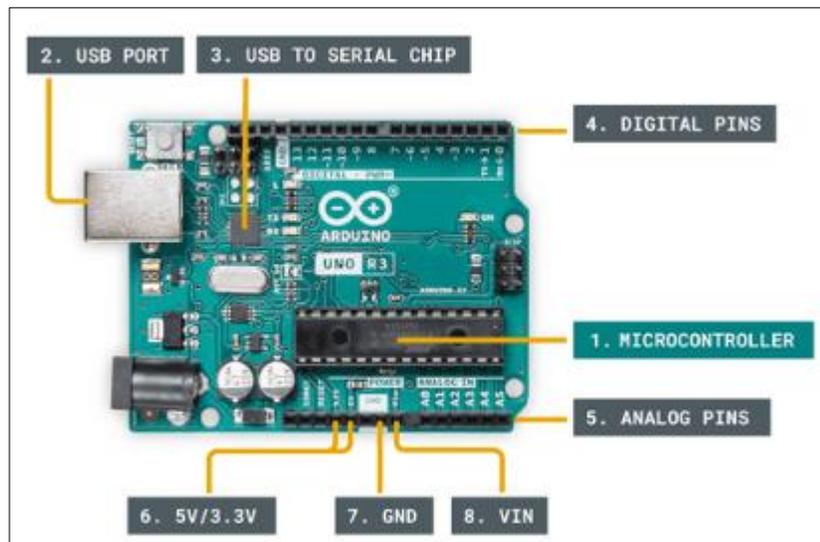
La comunicación serial en Arduino es un método de intercambio de datos entre dispositivos en el que la información se transmite un bit a la vez por un canal de comunicación. En el contexto de Arduino, esta comunicación se emplea para enviar y recibir datos entre la placa Arduino y una computadora u otro dispositivo extremo.

Los puertos de comunicación serial ofrecen la manera más eficaz de conectar nuestra placa de Arduino con la computadora. A través de esta comunicación, podemos enviar diversas órdenes a nuestro Arduino para automatizar procesos e incluso recibir información importante que se puede mostrar en la pantalla de la computadora, (Andino, s. f.).

4.8.1 Estructura de una Placa Arduino

Si bien todas las placas Arduino difieren entre sí, existen componentes clave que se pueden encontrar prácticamente en cualquier Arduino. En la siguiente figura 22, se puede observar los principales componentes de una placa de Arduino.

Figura 22.
Componentes Clave de una Placa de Arduino



Nota. Componentes de una placa de Arduino, tomada de, (Soderby, s. f.).

1. Microcontrolador: es el núcleo de un Arduino y el componente donde se cargan los programas. Puede considerarse como una pequeña computadora diseñada para realizar un número limitado de tareas específicas.
2. Puerto USB: se utiliza para conectar la placa Arduino a una computadora.
3. Chip USB a serie: el USB a serie es un componente importante, ya que ayuda a traducir datos que provienen, por ejemplo, de una computadora al microcontrolador integrado. Esto es lo que hace posible programar la placa Arduino desde la computadora.
4. Pines digitales: emplean una lógica digital de (0,1 o BAJO/ALTO). Se utilizan comúnmente para interruptores, así como para encender y apagar un LED.

5. Pines analógicos: pines capaces de leer valores analógicos con una resolución de 10 bits (de 0 a 1023).
6. Pines de 5 V/3,3 V: pines utilizados para suministrar energía a componentes externos.
7. GND: también conocido como *groun*, *negative* o simplemente -, se utiliza para completar un circuito, donde el nivel eléctrico es de 0 voltios.
8. VIN: significa entrada de voltaje, donde puede conectar fuentes de alimentación externas.

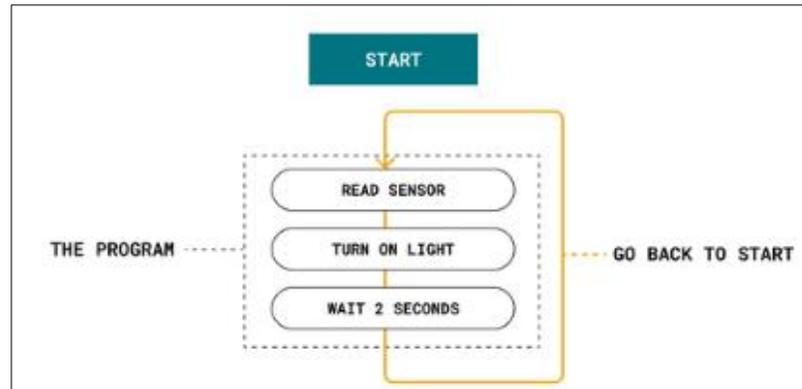
4.8.2 *Operación Básica*

La mayoría de las placas Arduino están diseñadas para tener un único programa ejecutándose en el microcontrolador figura 23. Este programa puede diseñarse para realizar una sola acción, como hacer parpadear un LED. También puede diseñarse para ejecutar cientos de acciones en un ciclo. El alcance varía de un programa a otro.

- Leer un sensor.
- Enciende una luz.
- Compruebe si se cumple una condición.
- Todo lo anterior.

La velocidad de un programa es increíblemente rápida, a menos que le digamos que disminuya la velocidad. Depende del tamaño del programa y del tiempo que tarda el microcontrolador en ejecutarlo, pero generalmente es en microsegundos (**una millonésima de segundo**).

Figura 23.
Funcionamiento Básico de Arduino



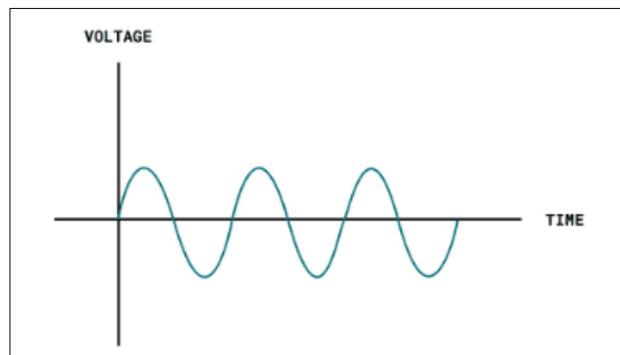
Nota. Funcionamiento básico de Arduino, tomada de (Soderby, s. f.)

4.8.3 *Señales Electrónicas*

Señal analógica. En la figura 24, se representa una señal analógica que generalmente está limitada a un rango. En un Arduino, ese rango suele ser de 0 a 5 V o de 3,3 V. Si se utiliza por ejemplo un potenciómetro (un componente analógico que se utiliza para cambiar la resistencia de un circuito), podremos ajustar manualmente este rango (0-5V).

En el programa, esto se representa en un rango de 0-1023, que es una resolución de 10 bits. Si escribimos una señal analógica usando Modulación de ancho de pulso (PWM), podemos usar un rango entre 0-255, ya que estamos usando una resolución de 8 bits.

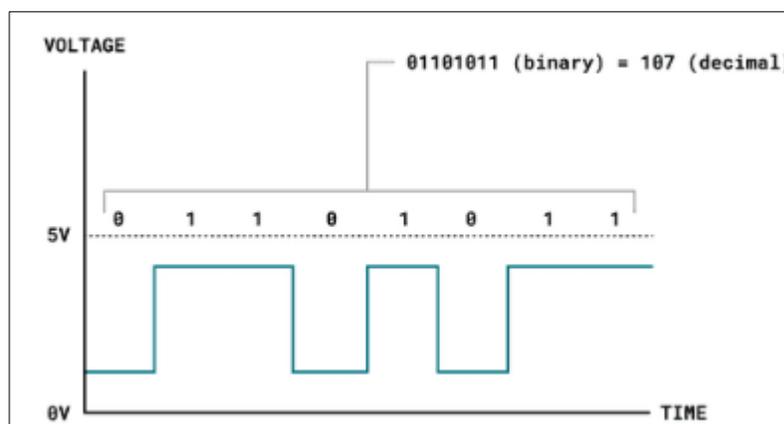
Figura 24.
Señal Analógica



Nota. Señal analógica, tomada de, (Soderby, s. f.).

Señal digital. En la figura 25, se ve representada una señal digital que funciona un poco diferente y representa solo dos estados binarios (0 o 1) que se leen como estados alto o bajo en el programa. Este es el tipo de señal más común en la tecnología moderna.

Figura 25.
Señal Digital.



Nota. Señal digital, tomada de, (Soderby, s. f.).

Puede leer y escribir fácilmente señales digitales en un Arduino, lo cual es útil, por ejemplo, para leer los estados de los botones o para encender o apagar algo.

Las señales digitales pueden parecer muy básicas (solo 0 o 1), pero en realidad son mucho más avanzadas. Por ejemplo, podemos crear una secuencia enviando un estado alto o bajo rápidamente varias veces. Esto se conoce como **secuencia binaria** o **flujo de bits**. Observemos dos secuencias binarias a continuación.

- 101101 en formato decimal es (45)
- 101110001110011 en formato decimal es (23667)

Esta forma inteligente de enviar grandes cantidades de datos de un punto a otro, enviando rápidamente señales altas y bajas. Para interpretar los datos de las señales, se utiliza protocolos de comunicación serie.

4.8.4 *Sensores y Actuadores*

Para trabajar con Arduino, es importante comprender los **sensores** y **actuadores**, y la diferencia entre ellos.

Sensor. Un sensor se utiliza para detectar su entorno, lo que significa que registra un parámetro físico, por ejemplo, la temperatura y lo convierte en una señal electrónica. Los sensores también pueden tomar la forma de un simple botón: cuando cambia un estado (presionamos un botón), la señal electrónica cambia de bajo a alto (0 a 1).

Existen varios tipos de sensores y varias formas de registrar datos a partir de ellos. Quizá el más fácil de usar es un sensor analógico, donde comunicamos un rango de valores alterando la entrada de voltaje alimentada a un pin analógico Arduino (generalmente entre 0 y 5 voltios). Esto simplemente le brinda un rango entre 0-1023 (una resolución de 10 bits).

Los sensores digitales son un poco más avanzados, según el tipo. Dependen de protocolos de comunicación en serie para enviar los datos en consecuencia y requieren un poco más de esfuerzo para traducir los datos.

Como se mencionó en la sección anterior 4.7.3 de señales electrónicas, los datos se envían utilizando una secuencia binaria (por ejemplo, `101101` es `45`), y esto debe abordarse y configurarse a nivel de software. Afortunadamente, muchos sensores vienen acompañados de **bibliotecas de software**, lo que hace que su lectura sea mucho más fácil.(Soderby, s. f.)

En muchos casos, al utilizar una biblioteca, todo lo que necesitamos es solo una línea de código:

```
- sensorValue = sensor . read ( ) ;
```

Actuador. Se utiliza para accionar o cambiar un estado físico. Algunos ejemplos son:

- Una luz (como un LED)
- Un motor.

- Un interruptor.

Los actuadores convierten las señales eléctricas, por ejemplo, en energía radiante (luz) o energía mecánica (movimiento).

El control de los actuadores varía según el tipo de componente. La forma más simple es simplemente, encender o apagar el componente, mientras que la forma más avanzada implica regular la cantidad de voltaje que recibe el componente, como la velocidad del motor.

Para controlar actuadores, es como utilizar: `digitalWrite()` y `analogWrite()`

```
digitalWrite(LED, HIGH); //turn on an LED
digitalWrite(LED, LOW);  //turn off an LED
analogWrite(motor, 255); //set a motor to maximum capacity
analogWrite(motor, 25);  //set a motor to 10% of its capacity
```

4.8.5 *De Entrada y Salida*

Los sensores y actuadores generalmente se denominan **entradas y salidas**. Cuando escribimos un programa, es común construir condicionales que verifiquen el estado de un sensor y decidan si debe activar algo.

Un ejemplo básico de esto es un **botón** y un **LED**. Podemos escribir un condicional que verifique si se presiona un botón, encienda el LED y lo apague si no se presiona el botón.

En un programa Arduino, se ve así:

```
int buttonState = digitalRead(buttonPin); //read and store the
button state (0 or 1)

if (buttonState == HIGH){ //check if state is high (button
is pressed)

digitalWrite(LED, HIGH); //turn on LED
```

```
} else {  
digitalWrite(LED, LOW);    //turn off LED  
}
```

4.9 API de Arduino

La API de Arduino, también conocida como “lenguaje de programación Arduino”, consta de varias funciones, variables y estructuras basadas en el lenguaje C/C++.

4.9.1 *Partes Principales*

La API de Arduino se puede dividir en tres partes principales, como son:

- **Funciones:** para controlar la placa Arduino y realizar cálculos. Por ejemplo, para leer o escribir un estado en un pin digital, asigne un valor o utilice comunicación en serie.
- **Variables:** las constantes de Arduino, tipos de datos y conversiones. Por ejemplo: `int`, `boolean`, `array`.
- **Estructura:** los elementos del código Arduino (C++), como
Bosquejo (`loop ()`, `setup ()`)
Estructura de control (`if`, `else`, `while`, `for`)
Operadores aritméticos (multiplicación, suma, resta)
Operadores de comparación, como `==` (igual a), `=` (no igual a), `>` (más grande que).

La API de Arduino puede describirse como una simplificación del lenguaje de programación C++, con muchas adiciones para controlar el hardware de Arduino.

4.9.2 *Estructura del Programa*

El requisito mínimo absoluto de un programa Arduino es el uso de dos funciones: `void setup()` y `void loop()`. El “nulo” indica que no se devuelve nada durante la ejecución.

- `void setup()`- esta función se ejecuta solo una vez, cuando el Arduino esta encendido. Aquí definimos cosas como el modo de un pin (entrada o salida), la velocidad en baudios de la comunicación serie o la inicialización de una biblioteca.
- `void loop()`- aquí es donde escribimos el código que queremos ejecutar una y otra vez, como encender/apagar una lampara en función de una entrada, o realizar una lectura de sensor cada X segundo.

Las funciones anteriores **siempre** son necesarias en un boceto de Arduino, pero, por supuesto, se puede agregar varias funciones más, lo cual es útil para programas más largos.

4.9.3 *Bibliotecas*

Las bibliotecas de Arduino son una extensión de la API estándar de Arduino y constan de **miles de bibliotecas**, tanto oficiales como aportadas por la comunidad.

Las bibliotecas simplifican el uso de códigos que de otro modo serian complejos, como leer un sensor específico, controlar un motor o conectarse a internet. En lugar de tener que escribir todo este código usted mismo, puede simplemente instalar una biblioteca, incluirla en la parte superior de su código y utilizar cualquiera de sus funcionalidades disponibles. Todas las bibliotecas de Arduino son de código abierto y de uso gratuito para **cualquier persona**.

Para usar una biblioteca, debe incluirla en la parte superior de su código, como se muestra a continuación:

```
#include <Library . h>
```

La mayoría de las bibliotecas también tienen un conjunto de ejemplos que son útiles para comenzar con la biblioteca.(*Arduino*, s. f.)

5. Metodología

5.1 Consideraciones para el diseño del banco

Para diseñar un banco didáctico se necesita seguir un proceso que abarca diferentes aspectos con la finalidad de garantizar eficacia, resistencia, seguridad y sobre todo que sea de utilidad para la enseñanza y comprensión del sistema de dirección asistida electrónicamente. Dichos aspectos a considerar son la ergonomía, el análisis de materiales y simulaciones en softwares de ingeniería asistido por computadora (CAE). Estos requerimientos garantizan que el diseño del banco sea eficiente y cumpla con los estándares requeridos, mencionados anteriormente y elaborar guías prácticas relacionadas con el sistema de dirección asistida eléctrica.

5.1.1 *Ergonomía del Banco Didáctico*

Para construir un banco didáctico hay que tomar en cuenta diversas consideraciones ergonómicas, garantizando así la comodidad y seguridad del usuario. Según la Nota Técnica Preventiva 242, indica que es esencial mantener una postura correcta durante el trabajo para proteger la salud y el bienestar de las personas involucradas.

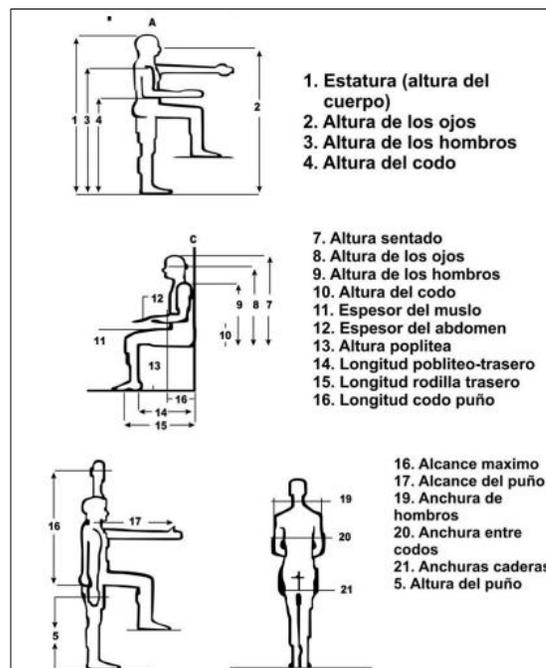
Las NTP son guías de buenas prácticas. No son obligatorias a menos que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta, es conveniente tener en cuenta su fecha de edición. (*NTP 242: Ergonomía: análisis ergonómico de los espacios de trabajo en oficinas*, s. f.)

La norma técnica NTE INEN ISO 11226 (2014) define las especificaciones antropométricas para los puestos de trabajo. De igual forma, la norma ISO/TR 14738 (2015) indica las directrices ergonómicas para herramientas manuales en posición de pie. Considerando el percentil 5 femenino en el plano sagital, se asegura que el diseño del banco sea el ideal para el 95% de la población latinoamericana con edad de entre 18-65. Sin embargo, al tratarse de un banco

del sistema de dirección asistida eléctrica, es importante considerar espacios prudentes que permitan visualizar y manipular los componentes del sistema, de manera fácil y segura, con la finalidad de afianzar los conocimientos y tener un buen desarrollo de las prácticas a efectuarse en este banco.

En la siguiente figura 26, se muestra un boceto basado en las dimensiones de un percentil 5 femenino y un 95 masculino considerando los espacios prudentes.

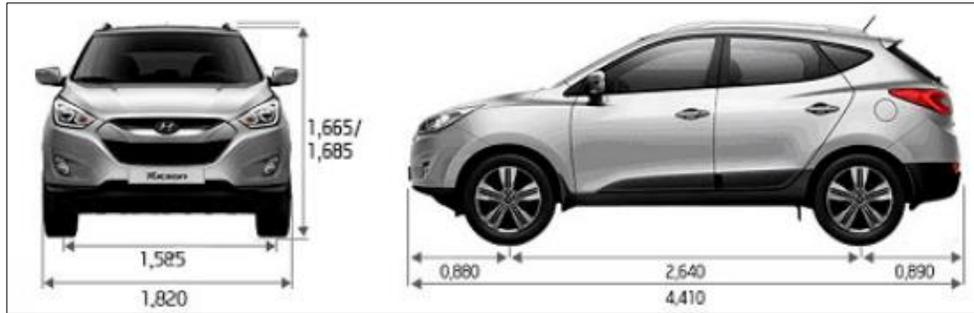
Figura 26.
Consideraciones para la Ergonomía de una Persona Promedio.



Nota. Consideraciones ergonómicas, tomada de (Paredes Silva & Robles Moran, 2021).

Para considerar la elaboración del banco, también se tomó en cuenta el manual de taller del vehículo original del cual pertenece el módulo de dirección electrónica, en este caso Hyundai Tucson Ix 2015, como se muestra en la figura 27.

Figura 27.
Dimensiones del Vehículo.



Nota. Dimensiones de vehículo Hyundai Tucson Ix, tomada de (MAZA, 2014)

5.2 Diseño del banco de pruebas

Con la finalidad de solventar cada uno de los requerimientos de usuario que ya fueron mencionados en el apartado anterior, se lleva un respectivo proceso considerando los parámetros a tomarse en cuenta para un apropiado diseño del banco de pruebas de la dirección EPS.

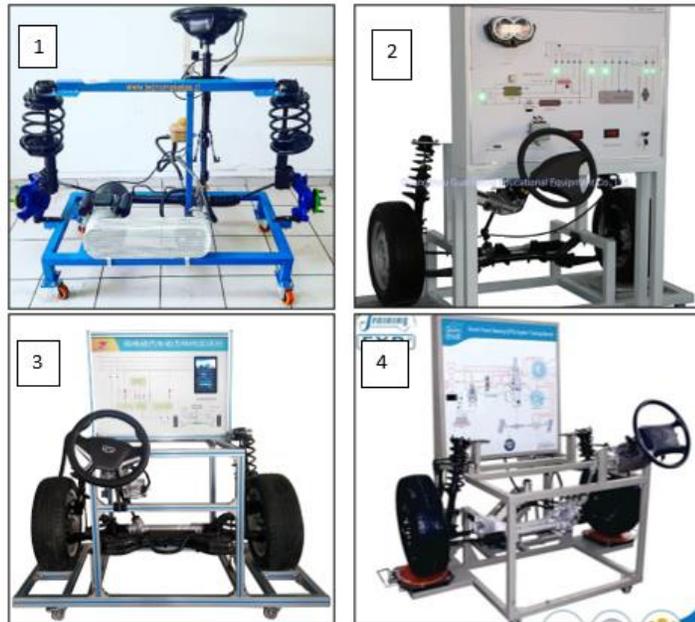
5.2.1 *Prototipos de Bancos de Dirección Asistida*

Es de utilidad realizar un análisis de ciertos bancos de pruebas de dirección asistida que se encuentran en el mercado, evaluando aspectos como el diseño, la construcción, la funcionalidad y el rendimiento que pueden ofrecer. Esto sin duda favorece con ideas más determinadas de cómo se llevó a cabo el diseño del banco. Es importante que el diseño estructural cumpla con las condiciones de trabajo ergonómicas, entregando facilidad de uso y la seguridad adecuada para el usuario.

Existe gran variedad de diseños para tomar en cuenta en el mercado, en la figura 28, se pueden observar cuatro de los diseños encontrados, por lo que analizando cuidadosamente se ha considerado combinar entre la opción número 3 y la número 4 como las más convenientes. Destacan de estas opciones la facilidad de manejo, ofreciendo la ergonomía requerida para los

usuarios durante el funcionamiento, además cuenta con ruedas en la superficie baja para movilizar el banco con todos los elementos que lo conforman.

Figura 28.
Selección del Diseño a Considerar



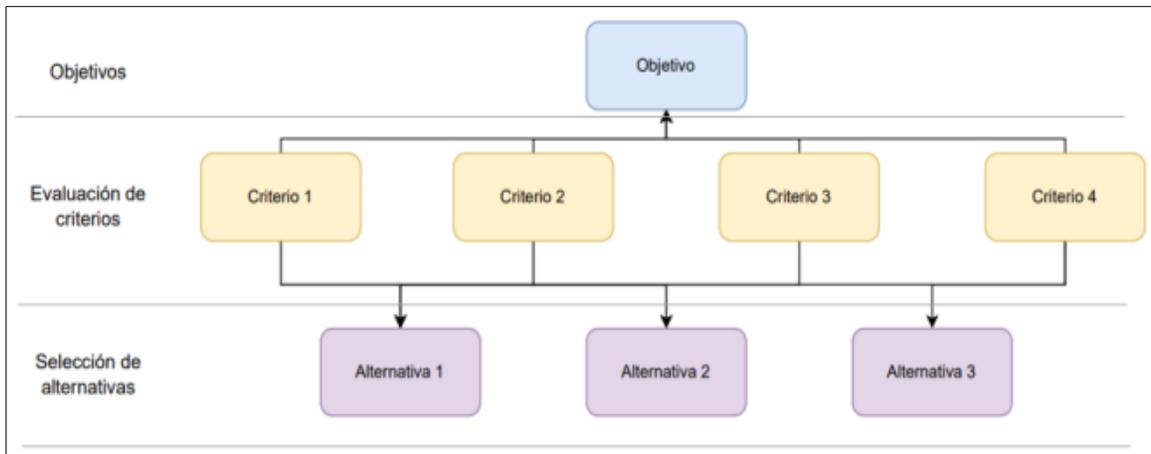
Nota. “Banco de formación de dirección asistida eléctrica”. Tomada de (Made in china, 2024)

5.2.2 Elección de Material Utilizado para la Estructura del Banco y el Recubrimiento.

Al tener las ideas definidas de la estructura del banco, y haber desarrollado el modelado, es necesario elegir el material adecuado a emplearse en la construcción de la estructura. Para esto, se aplica la técnica del análisis jerárquico, ya que es de gran utilidad para tomar decisiones acertadas. En la norma de Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM, 2019) proporciona un método específico para seleccionar materiales, esto permite optimizar la elección en función de las características necesarias establecidas.

La figura 29, indica las fases a utilizarse para la toma de decisiones, las mismas que se van a dividir en tres principales etapas: establecer el objetivo, evaluar criterios y seleccionar alternativas.

Figura 29.
Diagrama Jerárquico



Nota. División jerárquica para la selección de materiales. Elaborado en software Statgraphics 16.

Luego, se emplea el software CES EduPack con el propósito de obtener las especificaciones técnicas de los materiales. A partir de este análisis, se procede hacer una comparación de la información obtenida utilizando el software Expert Choice 11, evaluando diferentes criterios para finalmente, optar por el tipo de material que mejor se adapte a las necesidades requeridas. En la siguiente tabla 3, se muestra la comparación de las características de los materiales.

Tabla 3
Comparación de las características de los materiales.

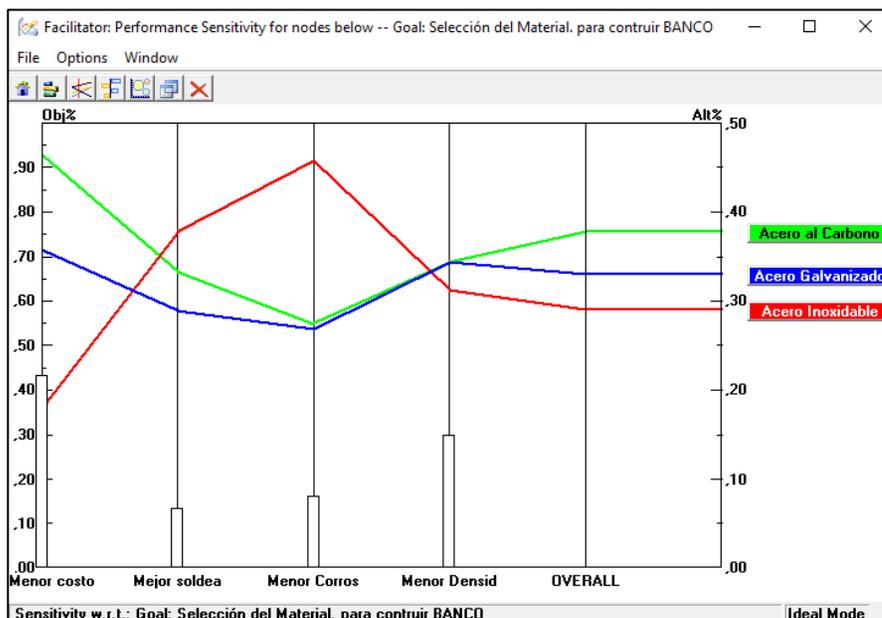
Material	Norma	Coste	Densidad	Corrosión	Capacidad de soldadura
Unidades		USD/kg	Kg/m ³	Escala 1-10	Escala 1-10
Acero galvanizado	SAE J 403 1008	2,00	7,850*10 ³	8	6

Acero inoxidable	AISI 304	4,00	7,75-8,05*10 ³	10	8
Acero al carbono	ASTM A36	1,50	7,850*10 ³	7	7

Nota. La tabla indica las especificaciones de cada material, tomados en cuenta para construir la estructura del banco. Obtenida en CES EduPack (2010).

El material seleccionado para la construcción del banco de pruebas de una dirección EPS considera cuatro factores importantes como son; costo, densidad, resistencia a la corrosión y capacidad de soldadura. El software Expert Choice 11, analiza a detalle las características de cada material, y determina que el material ideal para esta construcción estructural, es el acero al carbono. En la figura 30, se muestran los porcentajes de cada material evaluados en función de criterios ya establecidos.

Figura 30.
Análisis del Material de la Estructura



Nota. El acero al carbono marcado con línea verde, es seleccionado como el material más idóneo para la construcción, según el análisis. Obtenido en software Expert Choice 11.

De igual forma, para elegir el material de recubrimiento se va a realizar el mismo proceso que se empleó para seleccionar el material de la estructura, por lo que se procede a evaluar los siguientes materiales y características que se encuentran en la tabla 4.

Tabla 4.

Características de materiales para recubrimiento.

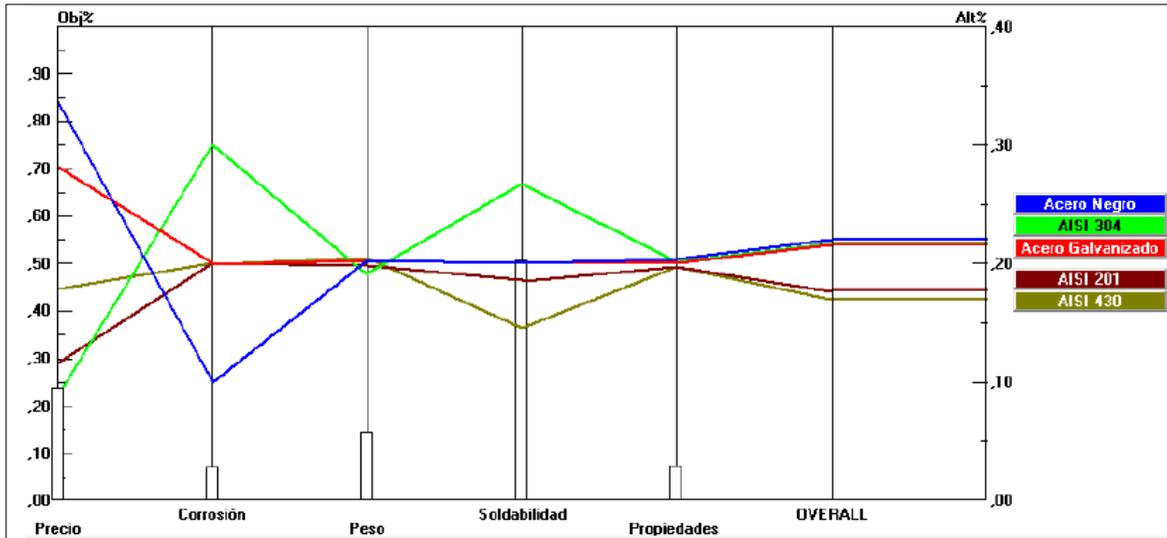
Material	Calidad	Precio estimado	Densidad	Módulo de corte	Módulo de Young	Corrosión	Soldabilidad
Unidades		USD/kg	Kg/m³	Gpa	GPa	Escala 1-4	Escala 1-4
Acero negro	JIS 3141 SOCC SD	1,55	7,85- 7,9x10 ³	77,1- 85,1	200-221	1	3
Acero galvanizado	SAE J 403 1008	1,85	7,8- 7,9x10 ³	79-84	200-215	2	3
Acero inoxidable	AISI 304	3,60	7,85- 8,06x10 ³	74-81	190-203	3	4
Acero inoxidable	AISI 201	2,7	7,7- 7,9 x10 ³	75-80	193-201	2	3
Acero inoxidable	AISI 430	2,50	7,62- 7,82x10 ³	75-81	195-205	2	2

Nota. La tabla indica las especificaciones de cada material, tomados en cuenta para el recubrimiento de la estructura del banco. Obtenida en CES EduPack (2010).

El material seleccionado para el recubrimiento del banco de pruebas de una dirección EPS se basó en factores importantes como son; costo, densidad, resistencia a la corrosión y capacidad de soldadura. En el software Expert Choice 11, se realizó el análisis detallado donde se comparan dichas cualidades del material. Llegando a concluir que el material ideal para el recubrimiento

estructural, es la plancha laminada en frío de acero negro. En la figura 31, se muestran los porcentajes de cada material evaluados en función de criterios ya establecidos.

Figura 31.
Análisis del Material de Recubrimiento de la Estructura

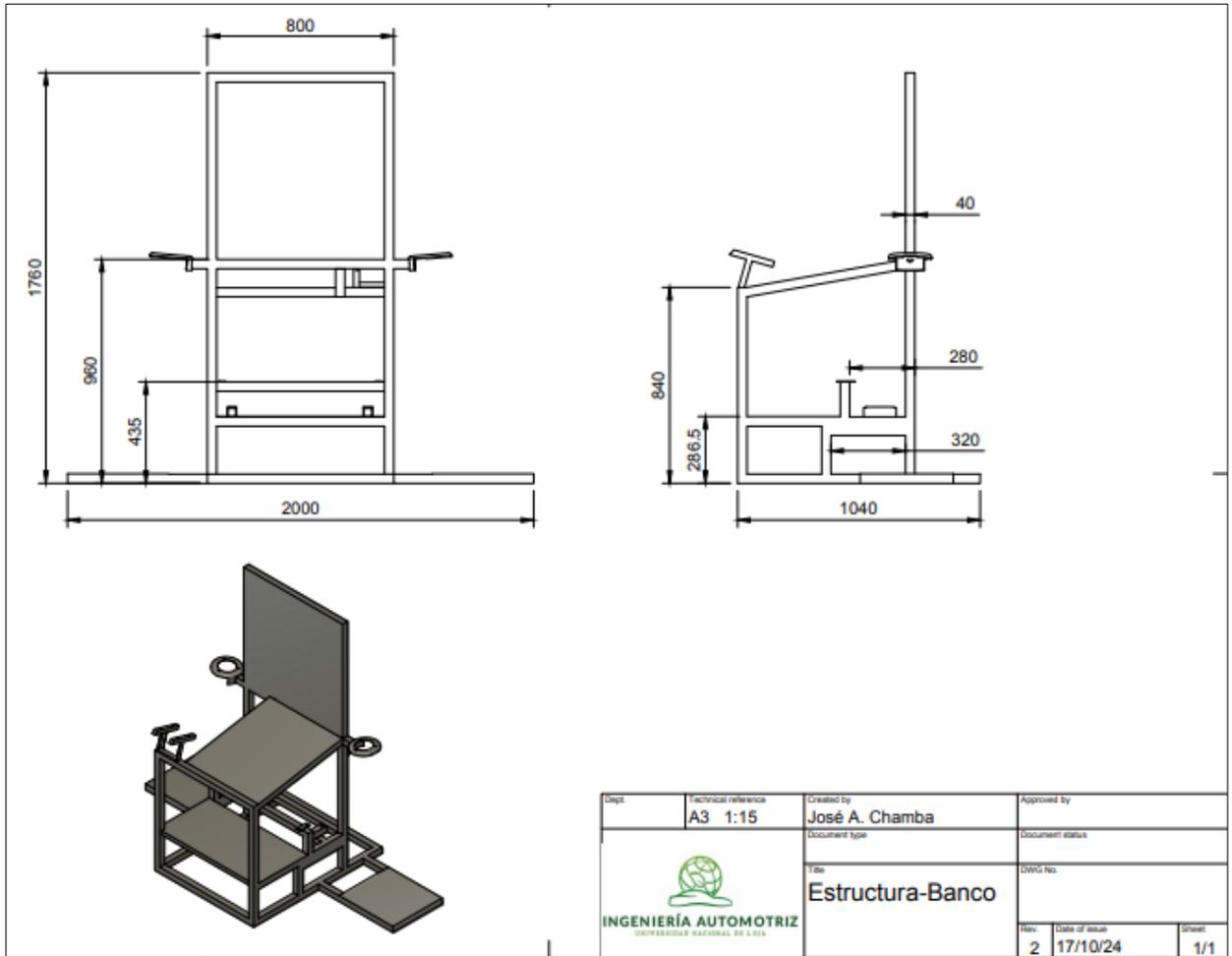


Nota. El acero negro marcado con línea azul, es seleccionado como el material más idóneo para el recubrimiento, según el análisis. Obtenido en software Expert Choice 11.

5.2.3 Modelado del Diseño

Conocidos los parámetros de ergonomía y el material para la construcción, se realiza la construcción del diseño mediante el software Autodesk Fusion 360, con el propósito de obtener el modelado que servirá como base en la construcción del banco didáctico. En la figura 32, se muestra el prototipo del banco.

Figura 32.
Levantamiento de las Líneas de Proyección, con sus Respectivas Medidas

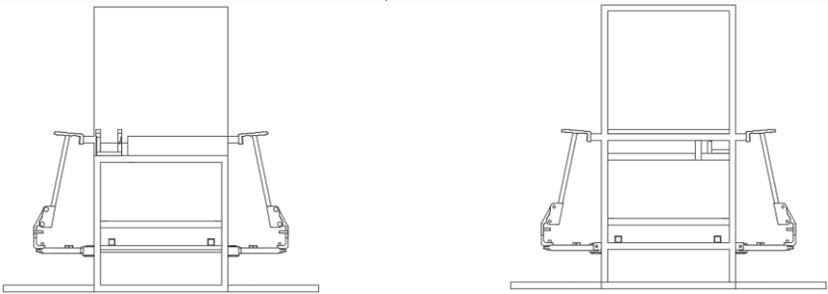
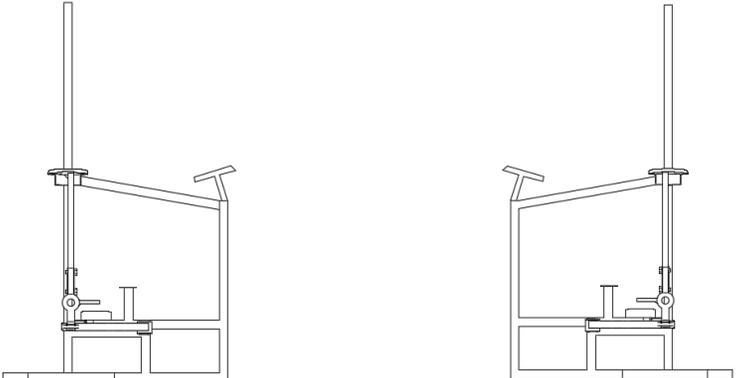
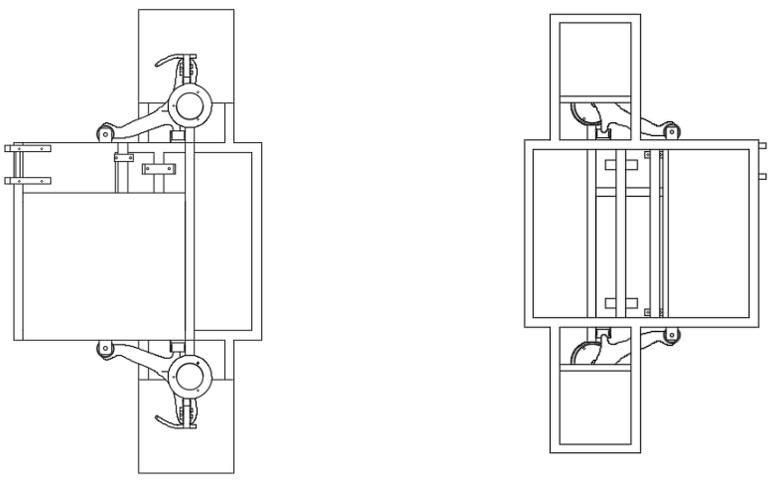


Nota. Levantamiento de las líneas de proyección, Autor a través del software Fusion 360.

En la tabla 5 que se muestra a continuación, se puede observar las diferentes vistas de proyección del diseño de la estructura del banco elaborado en el software Fusion 360.

Tabla 5

Diferentes vistas del diseño de la estructura del banco.

Vista	A	B
Vista frontal(A) y posterior(B)		
Vista lateral izquierda (A) y derecha (B)		
Vista superior (A) e inferior (B)		

Nota. Diferentes vistas del banco, Autor a través del software Fusion 360.

5.3 Análisis de la estructura del banco didáctico.

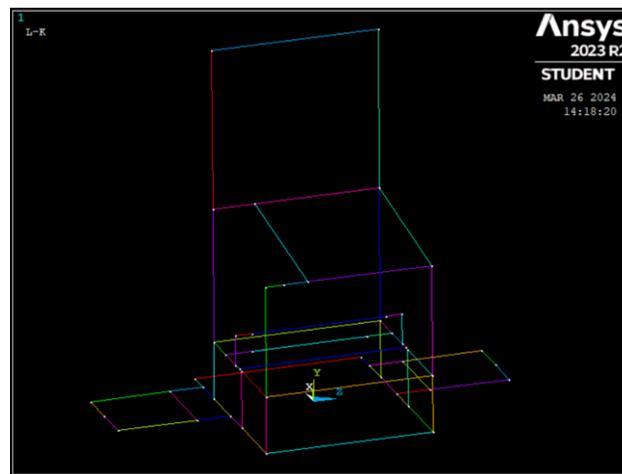
Para llevar a cabo el análisis estructural del banco, se empleó el software ANSYS, el cual posibilita la resolución de problemas complejos en ingeniería estructural y facilita la toma de decisiones de diseño mejores y más rápidas.

En este proceso, se realizó un análisis de la estructura del banco didáctico, considerando la carga máxima que debe soportar de acuerdo con las directrices de la norma ISO 12100, que define los principios de diseño y seguridad para las maquinas.

Una vez que se hayan definido los puntos y las líneas que componen la estructura del banco didáctico, como se muestra en la figura 33, se procede a configurar varias especificaciones en el programa para llevar a cabo un análisis estructural exitoso. Estas especificaciones incluyen:

Figura 33.

Puntos y Líneas de la Estructura



Nota. Puntos y líneas de la estructura, Autor a través de ANSYS.

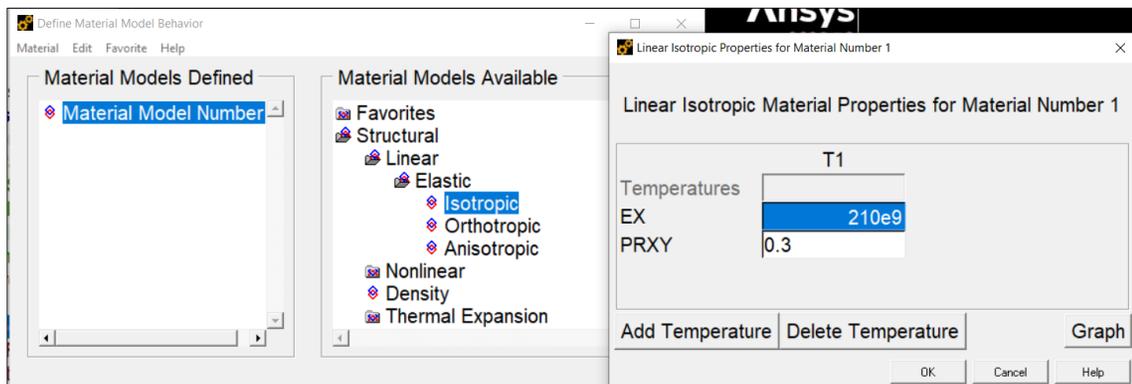
5.3.1 Descripción del Elemento

Para el modelo de la estructura se va aplicar el elemento BEAM 188, ya que es el adecuado para analizar de forma delgada a moderada estructuras de vigas gruesas. El elemento proporciona opciones para alabeo libre y alabeo restringido de secciones transversales.

5.3.2 *Material.*

Es fundamental establecer las propiedades del material definido previamente en el apartado anterior, las cuales en este caso se refieren al material isotrópico lineal, utilizando la rigidez del acero y su densidad. Esto se muestra en la figura 35.

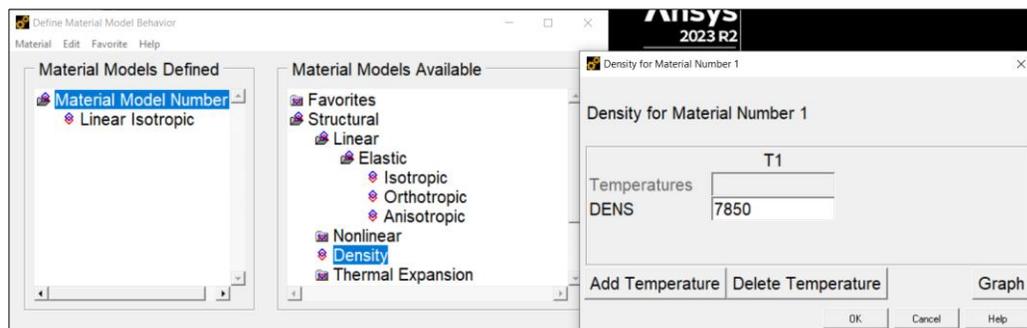
Figura 35.
Rigidez del Acero



Nota. Rigidez del acero, Autor a través de ANSYS.

En la figura 36, se observa la configuración de la densidad del acero en el software ANSYS obtenida de en CES EduPack (2010).

Figura 36.
Densidad del Material

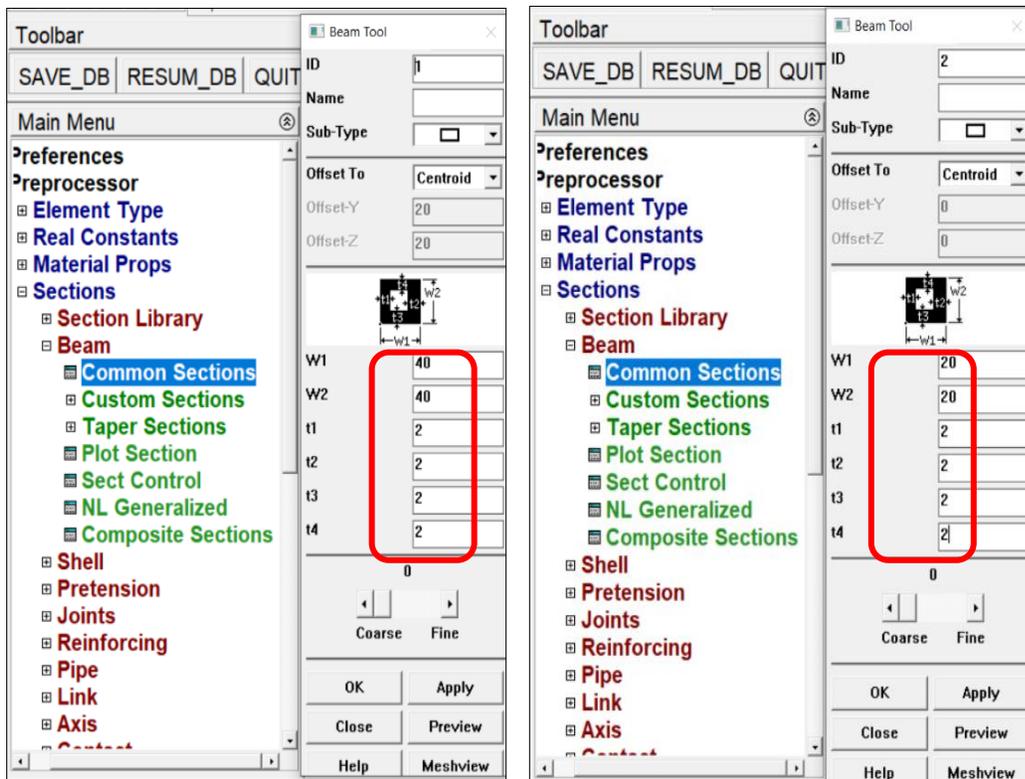


Nota. Densidad del acero, Autor a través de ANSYS.

5.3.3 Sección del Material

La estructura del banco didáctico cuenta con dos diferentes secciones de material, la primera conformada por la mayor parte de la estructura es de 40 x 40 mm y 2 mm de espesor, mientras que la segunda perteneciente a solo dos tubos que son de 20 x 20 mm y 2 mm de espesor, esto favorece a la estructura aportando mayor rigidez y disminuyendo su peso. En la siguiente figura 37 se puede observar la selección de sección estructural del material.

Figura 37.
Secciones del Material.

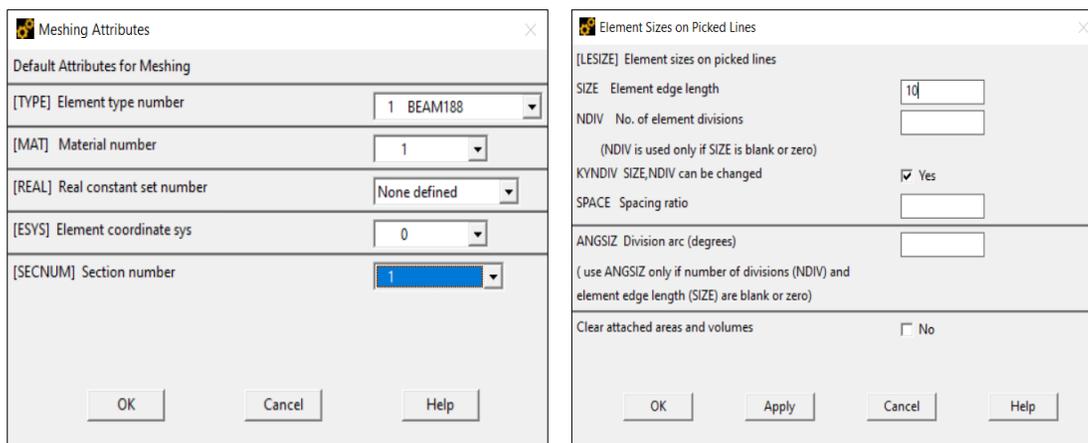


Nota. Secciones del material, Autor, a través de ANSYS.

5.3.4 *Mallado*

Para realizar el mallado estructural es necesario configurar los atributos del mallado seleccionando el tipo de elemento a utilizar, así como también se configura el tamaño de elementos en líneas seleccionadas; en este caso al tratarse de un mallado adaptativo, que busca adecuar el tamaño en donde se tiene las máximas tensiones, la longitud del borde del elemento será de 10 milímetros, debido a que es un valor propuesto que se asemeja a la realidad. Como se muestran en la figura 38.

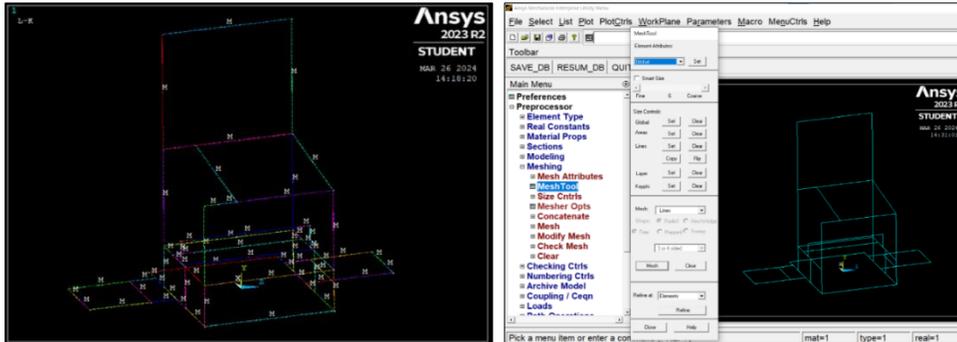
Figura 38.
Atributos del Mallado



Nota. Características del mallado, Autor, a través de ANSYS.

Una vez seleccionada y configuradas las características de la estructura, se procede a realizar el mallado general como se muestra en la siguiente figura 39.

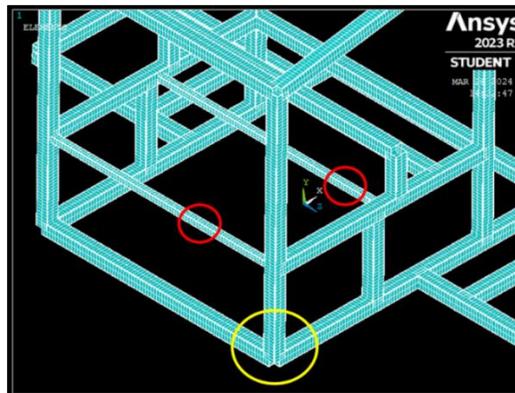
Figura 39.
Aplicación del Mallado



Nota. Autor, a través de ANSYS.

En la figura 40 se puede identificar la diferencia entre los dos tipos de secciones, de amarillo la sección 1 y de rojo la sección 2.

Figura 40.
Identificación de los dos Tipos de Secciones

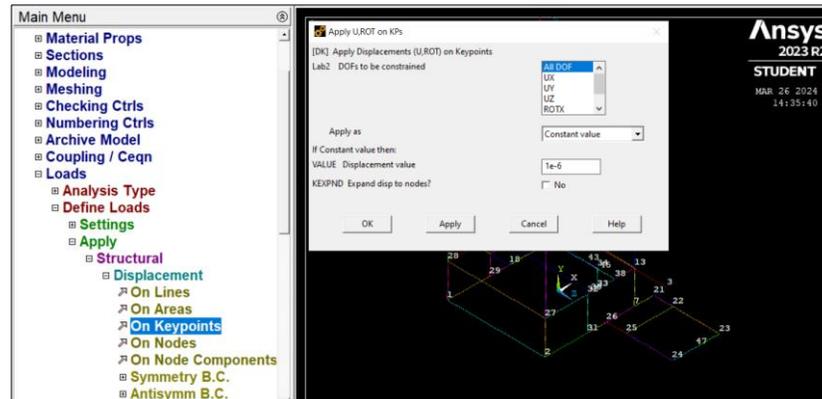


Nota. Visualización del mallado y los tipos de secciones, Autor a través de ANSYS.

5.3.5 Cargas

Antes de aplicar las cargas, primero se va a definir los puntos de contacto entre la estructura y la superficie de apoyo, restringiendo el desplazamiento de toda la estructura, como se ve en la figura 41.

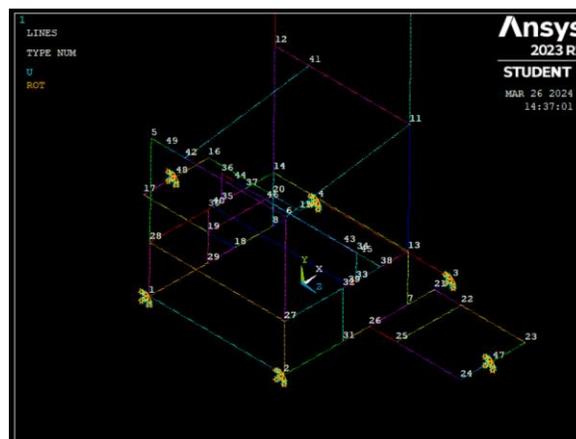
Figura 41.
Definición de los Puntos de Contacto



Nota. Puntos de contacto, Autor a través de ANSYS.

En la figura 42, que se muestra a continuación se muestran definidos los puntos de contacto que posee la estructura.

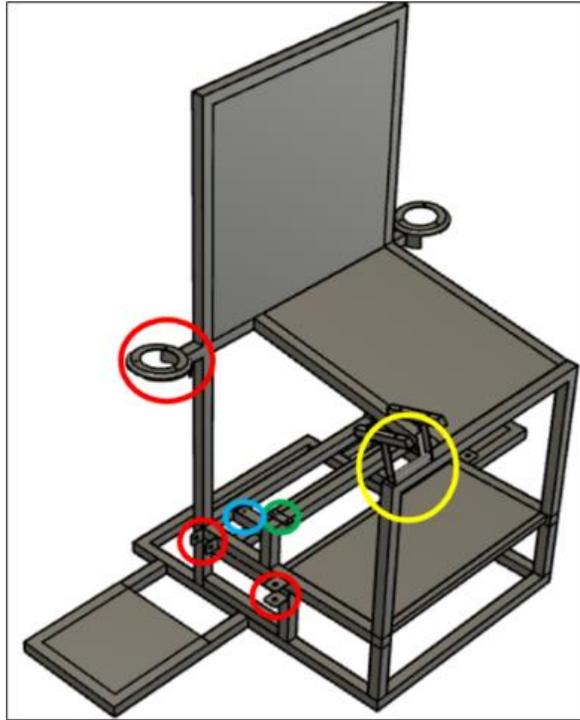
Figura 42.
Visualización de los Puntos de Contacto



Nota. Puntos de contacto, Autor a través de ANSYS.

Para aplicar las cargas y momentos que soportara la estructura es necesario realizar un análisis, considerando los valores reales de cada peso existente, con la ayuda de la figura 43, realizado en el software Fusion 360, se puede observar con mayor claridad las zonas de contacto en donde van a existir las diferentes cargas.

Figura 43.
Puntos de Ubicación de las Cargas



Nota. Ubicación de las cargas, Autor a través de Fusion 360.

La distribución de las cargas puntuales y distribuidas, correspondientes a los componentes que va a soportar la estructura, se ubican de la siguiente manera.

1. Representada de color rojo, va a soportar un peso que incluye: amortiguador (7 kg-68.6 N), llanta y mangueta (34.5 kg-338.1 N) y tirante de (3 kg-29.4 N).
2. Representado de color verde, va a soportar una carga de la barra estabilizadora con (3 kg-29.4 N).
3. Representada de color azul, va a soportar el peso de la cremallera de (8.5 kg-83.3 N).
4. Representada de color amarillo, va a soportar la carga del módulo que es de (30 kg-294 N).

Carga 1: la figura 44, ayuda a tener una referencia de la ubicación de esta carga, donde inicialmente tendremos la suma de fuerzas: $68.6 \text{ N} + 338.1 \text{ N} + 29.4 \text{ N} = 436.1 = 450 \text{ N}$. La fuerza

en cada uno de estos puntos genera un par de torsión o un momento, para lo cual se va aplicar la ec. (1):

$$M = F \cdot d \quad (1)$$

Dónde:

M= momento

F= fuerza

d= distancia

Aplicando la ecuación (1) se obtiene:

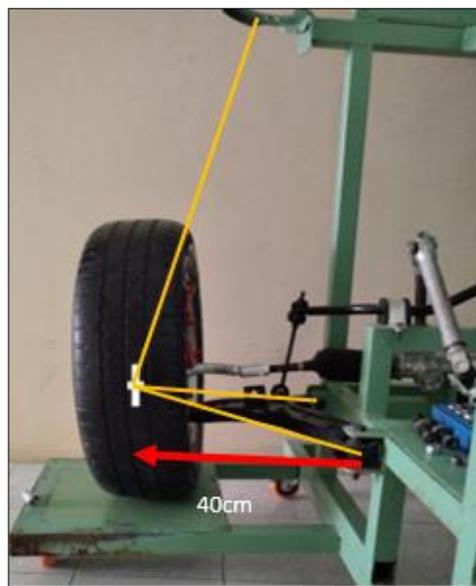
$$M= 450 \text{ N} \cdot 0.4 \text{ m}$$

$$M= 180 \text{ Nm}$$

Esto significa que, cada uno de los tres puntos tendrá una fuerza aplicada negativa (F_y) de -450N y un momento (M_x) de 180 Nm. Al ser una estructura simétrica, va a ocurrir lo mismo en el lado contrario.

Figura 44.

Referencia de la Ubicación de las Cargas y Distancia.



Nota. Diagrama de cargas, Autor.

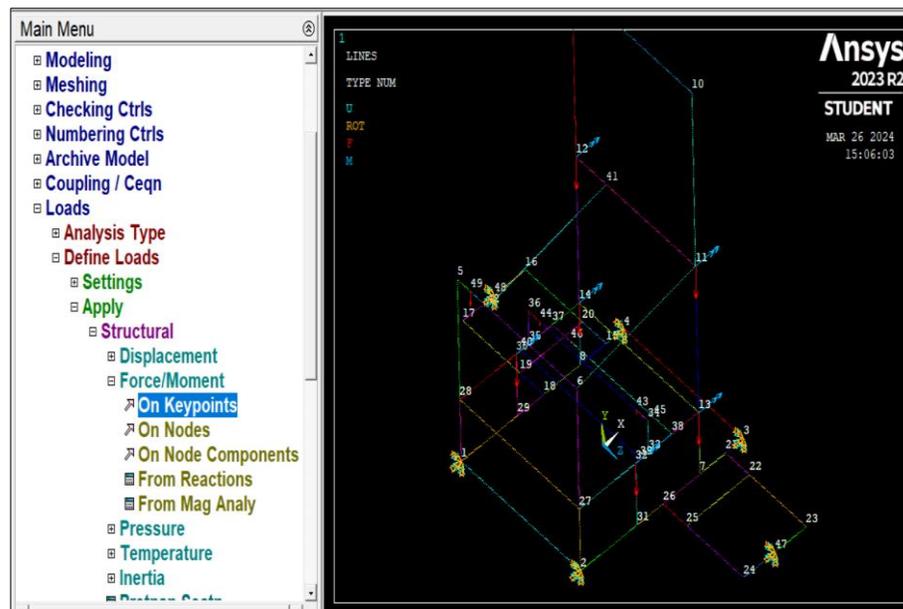
Carga 2: Al ser la carga de la barra estabilizadora colocada en dos puntos de la estructura, el peso total será distribuido para los dos puntos de apoyo quedando: $29.4 \text{ N} / 2 = 14.7 \text{ N}$.

Carga 3: de igual manera, el peso de la cremallera está situado en dos puntos de apoyo, por lo que el peso será distribuido, quedando: $83.3 \text{ N} / 2 = 41.65 \text{ N}$

Carga 4: Para la carga del módulo, esta será la misma en el mismo punto concentrado 294 N.

Una vez establecidos los puntos de contacto, así como también las cargas y el par de torsión generada se procede aplicar, mostrándose de la siguiente forma en la figura 45.

Figura 45.
Aplicación de Cargas, par de Torsión y Puntos de Contacto



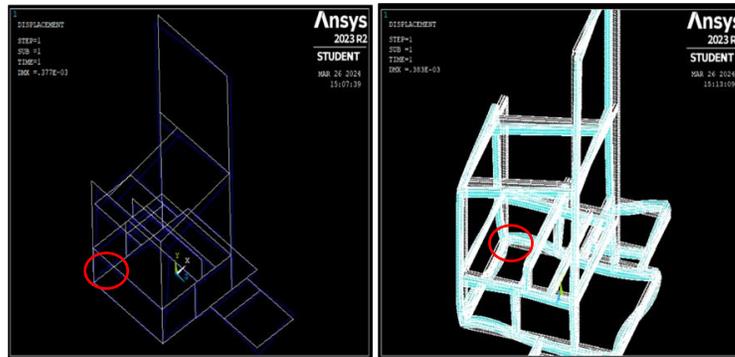
Nota. Visualización de cargas y puntos de contacto, Autor a través de ANSYS.

5.3.6 Resultados

En la siguiente figura 46 en la zona marcada en rojo, se observa el máximo desplazamiento que va a sufrir la estructura. El cual hace referencia a un valor máximo de $0.377\text{E}-03 \text{ m}$ presentado en la base de la estructura.

Figura 46.

Desplazamiento que va a Soportar la Estructura



Nota. Desplazamiento máximo, Autor a través de ANSYS.

Así mismo, se puede observar en la figura 47, los puntos en donde se da el máximo esfuerzo de la estructura, correspondiente a los puntos de apoyo de la base, con un valor de 85794.1 Pa, determinando que se encuentra lejos del valor de esfuerzo máximo de la estructura.

Figura 47.

Máxima Deformación de la Estructura



Nota. Esfuerzo máximo, Autor a través de ANSYS.

Para conocer el factor de seguridad y sobre todo conocer la relación entre la resistencia real de la estructura y la carga máxima prevista durante su uso, se va aplicar la ec. (2):

$$\text{Factor de Seguridad} = FS = \frac{\text{Esfuerzo máximo}}{\text{Esfuerzo de diseño}} \quad (2)$$

En donde:

El esfuerzo máximo: es la capacidad máxima que puede soportar una estructura antes de fallar. Según el software CES EDUPACK, comprende un valor de 265 MPa.

El esfuerzo de diseño: es el esfuerzo al cual la estructura va a estar sometida en uso normal. Como indica la figura 47, obtenida del software ANSYS el valor del esfuerzo máximo de diseño es de 85.79 MPa.

Aplicando la ecuación (2), la estructura va a presentar un factor de seguridad de:

$$FS = \frac{265 \text{ MPa}}{85.79 \text{ MPa}} = 3.08$$

Según (Mott, 1996), el factor de seguridad puede verse como una medida de la incertidumbre en el diseño de modelos analíticos, teorías de fallos y datos sobre las propiedades del material utilizado. Este factor siempre será mayor a uno, y refleja el grado confianza y precisión aplicados en los cálculos.

En la figura 48, muestra las soluciones de reacción que existe por cada nodo. En donde establece que la máxima reacción se da en los puntos de apoyo de la base de la estructura.

Figura 48.

Reacción por Nodo en los Puntos de Apoyo

```

PRINT REACTION SOLUTIONS PER NODE
**** POST1 TOTAL REACTION SOLUTION LISTING ****
LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1
TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0
THE FOLLOWING X,Y,Z SOLUTIONS ARE IN THE GLOBAL COORDINATE SYSTEM

```

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	0.18199E+006	67285.	-0.36923E+006	0.15515E+009	0.25845E+009	0.21357E+009
2	-0.69715E+006	0.69559E+006	-0.40582E+006	0.15330E+009	0.26416E+009	0.28406E+009
148	0.12040E+006	-0.33641E+006	0.13826E+007	0.17760E+009	0.29859E+009	0.12963E+009
149	0.39496E+006	-0.51564E+006	0.13892E+007	0.14496E+009	0.29945E+009	0.85410E+008
1310	26735.	0.26440E+006	-0.10035E+007	0.74323E+008	0.37022E+009	0.63671E+008
1642	-26938.	-0.17220E+006	-0.99332E+006	0.55541E+008	0.37064E+009	0.44695E+008

```

TOTAL VALUES
VALUE -0.46316E-004 3020.0 -0.94526E-005 0.76088E+009 0.18615E+010 0.82104E+009

```

Nota. Reacciones por nodo, Autor a través de ANSYS.

5.4 Construcción

En este apartado se va a especificar la construcción de la estructura, en la que se detalla el tipo de soldadura aplicada, también se aprecian imágenes del proceso de construcción, así como también el acople de los componentes que conforman la estructura del banco.

5.4.1 *Tipo de Soldadura*

Con respecto a la norma ASTM A36, al considerar la soldadura para acero, es indispensable aplicar un procedimiento de soldadura ideal, que se ajuste al grado del material y al propósito previsto. Es por ello que, para el ensamble de los tubos de acero en la construcción del banco didáctico, la elección más acertada es utilizar, la técnica de soldadura por arco eléctrico con electrodo recubierto, debido a que esta es la manera más sencilla y de menor costo que garantiza una unión sólida entre tubos de acero, garantizando estándares de calidad y seguridad requerida para la estructura del banco.

Una vez elegido el tipo de soldadura, y siguiendo el respectivo diseño de la estructura, se procede a cortar y soldar el tubo cuadrado de acero al carbono con medidas de 40x40x2, obteniendo la unión de la estructura con los componentes del sistema de dirección del banco. El proceso de soldadura utilizado es la de arco eléctrico, este consiste en derretir los bordes utilizando el intenso calor desarrollado por un arco eléctrico. Los bordes de fusión de las piezas y el material fundido que se separa de los electrodos, una vez enfriados, se mezclan en profundidad para formar una pieza única, resistente y homogénea.

El vehículo a utilizarse como base para este proyecto, es un Hyundai Tucson Ix, en la siguiente figura 49 se muestran imágenes que constatan el proceso de construcción y acople de la estructura del banco, incluyendo las ruedas para facilitar su movilización.

Figura 49.
Construcción del Banco de Pruebas

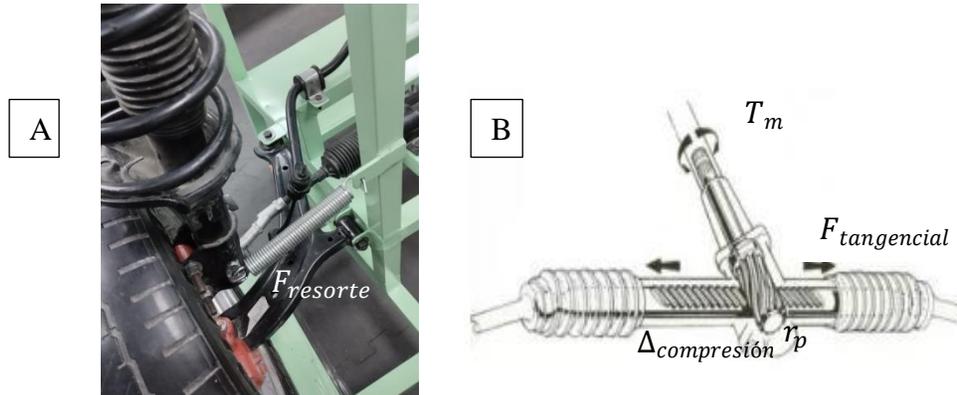


Nota. Proceso de corte y construcción, Autor.

5.4.2 *Resortes de compresión*

Con el propósito de generar una oposición al movimiento horizontal de la dirección, simulando el contacto que existe entre las ruedas con la calzada, se implementó un resorte a cada extremo de la dirección, anclado desde la estructura del banco hasta la base del amortiguador como se ve en la figura 50(A), mientras que en la figura 50(B) se observa un diagrama del conjunto piñón y cremallera, con las variables necesarias para determinar que el módulo identifique una resistencia y aplique la asistencia correspondiente al giro del volante.

Figura 50.
Resorte de Compresión en la Estructura



Nota. En (A) se aprecia la ubicación del resorte y en (B) el diagrama del conjunto piñón cremallera con las respectivas variables, Autor.

Es necesario conocer la fuerza tangencial ($F_{tangencial}$), producida en la cremallera, así como también la fuerza del resorte ($F_{Resorte}$), esto para determinar que se cumplan las siguientes condiciones:

$$F_{Tangencial} < F_{Resorte} \rightarrow \text{No hay asistencia}$$

$$F_{Tangencial} > F_{Resorte} \rightarrow \text{Hay asistencia}$$

$$F_{Tangencial} = F_{Resorte} \rightarrow \text{Equilibrio}$$

Se requiere vencer la fuerza del resorte para que exista una asistencia, con lo cual se debe determinar que la fuerza tangencial sea mayor a la fuerza del resorte. Para ello se va a realizar un análisis con los datos obtenidos. Para determinar la intensidad del motor se realizó una medida experimental en condiciones de baja asistencia en el banco, considerando un punto de referencia en el volante, y con ayuda de una pinza amperimétrica, se dio una vuelta completa del volante identificando un valor promedio de 1.682 A, en 10 pruebas realizadas a este proceso. De la misma

forma el radio del piñón r_p se consideró según las geometrías del fabricante, mientras que la variación de compresión $\Delta_{xcompresión}$, se obtuvo la medida directamente en la cremallera.

$$I_m = 1.682 A \rightarrow \text{Intensidad del motor por vuelta}$$

$$V_m = 12 V \rightarrow \text{Voltaje de alimentación del motor}$$

$$P_m = I_m * V_m = 20.184 W \rightarrow \text{Potencia del motor}$$

Con los datos obtenidos se divide 1 vuelta del volante para la intensidad del motor, y se obtiene la velocidad promedio, y que será transformada en rad/seg:

$$\omega_v = \frac{1}{1.682 A} = 0,59 \frac{rev}{seg}$$

$$\omega_{vrad} = \omega_v * 2\pi = 3.707 \frac{rad}{seg}$$

$$T_m = \frac{P_m}{\omega_{vrad}} = 5.445 N.m \rightarrow \text{Torque del motor}$$

$$r_p = 0,02 m \rightarrow \text{Radio del piñon}$$

$$F_{tangencial} = \frac{T_m}{r_p} = 272.236 N \rightarrow \text{Fuerza tangencial}$$

$$\Delta_{xtracción} = \Delta_{xcompresión}$$

$$\Delta_{xcompresión} = 0,05 m \rightarrow \text{Variacion en la compresión}$$

$$K_{resorte} = \frac{F_{tangencial}}{\Delta_{xtracción}} = 5.445 * 10^3 \frac{N}{m} \rightarrow \text{Constante del resorte}$$

Para encontrar la fuerza del resorte considerando un comportamiento lineal, se aplica la ley de Hooke la misma que viene a ser:

$$F = -K * X$$

En donde:

F= fuerza del resorte

K= constante del resorte

X= compresión del resorte

Aplicando:

$$F = -K_{resorte} * \Delta_{xcompresión}$$

$$F = -5.468 N$$

Con este análisis se puede determinar que se cumple con la condición planteada: $F_{Tangencial} > F_{Resorte} \rightarrow$ Hay asistencia , logrando determinar que la fuerza del resorte es vencida por la fuerza tangencial, logrando asistencia por parte del módulo, es decir que -5.468 N es el valor máximo para contar con asistencia, y con valores superiores a este pasara lo contrario.

5.4.3 Principales Componentes del Banco de Didáctico.

Una vez culminado el proceso de construcción, se pule la superficie para posteriormente aplicar la pintura y obtener el acabado final. Como se observa en la figura 51, donde se aprecia la estructura con el acabado final y los principales componentes que conforman el banco de pruebas del sistema de dirección (EPS). Importante mencionar que tanto los componentes de ruedas y suspensión fueron incluidos con fines estéticos para que el banco sea más didáctico.

En (1) se encuentra un espacio informativo para los estudiantes, en (2) tenemos el espacio para el computador, así como también para los diagramas eléctricos, en (3) se encuentra el volante, en (4) se está el módulo de dirección electrónica acoplado en la columna de dirección, en (5) se encuentra el circuito de Arduino UNO con MCP2515, en (6) se encuentra la suspensión, en (7) encontramos el neumático junto a la mangueta y su unión hacia la cremallera y finalmente en (8), se encuentra el espacio para la batería.

Figura 51.
Principales Componentes que Conforman el Banco



Nota. Componentes del banco finalizado, Autor.

5.4.4 *Diseño del Vinil Adhesivo.*

Considerando que la manipulación y funcionamiento de los componentes del banco sean los más adecuados, se procedió con la creación del diseño basándose en las medidas reales de los paneles. En el panel de 80x80 figura 52(a) se va a colocar el diagrama eléctrico general con información sobre elementos que posee el Banco Didáctico, así como también se van a colocar los códigos QR que van a dirigir al usuario hacia las guías prácticas y al manual de usuario, funcionamiento y mantenimiento. En el otro panel de 65x58 figura 52(b) se va a colocar los diagramas en forma independiente para una mejor comprensión, dejando además un espacio prudente para colocar el computador, tal como se puede apreciar en la figura 52.

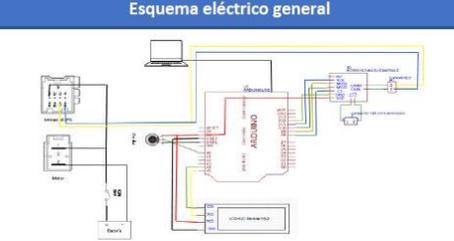
Figura 52.
Diseño del Vinil Adhesivo



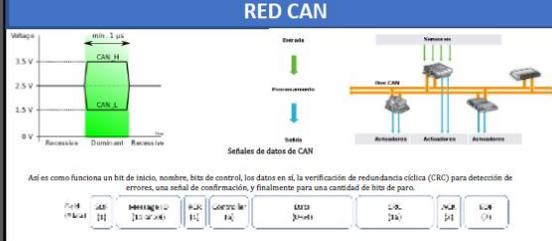
BANCO DE DIRECCION ELECTRONICA EPS



Esquema eléctrico general



RED CAN



Además como funciona un bit de inicio, nombre, bits de control, los datos en sí, la verificación de redundancia cíclica (CRC) para detección de errores, una señal de confirmación, y finalmente para una cantidad de bits de paro.

QR Funcionamiento

QR Prácticas

Distribución

Dirección Electrónica de
vehículo Hyundai Tucson IX

(a)

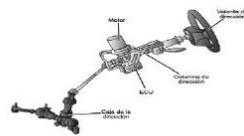
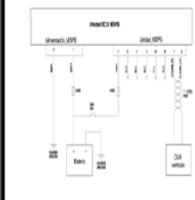
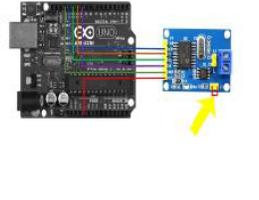


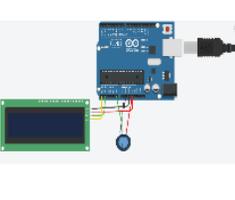
Diagrama alimentación del módulo



Conexión Arduino-MCP2515



Conexión Arduino-Pedal-LCD



(b)



Nota. Diseño del vinil adhesivo, Autor.

5.5 Obtención e interpretación de datos de la red CAN.

Para la realización de este proyecto es importante conocer los datos específicos del vehículo ya que de ello dependerá una correcta toma de información, para poner en funcionamiento el módulo del sistema EPS (Dirección Asistida Eléctricamente), dicha información técnica se encuentra en el ANEXO 3.

Para poner en funcionamiento el sistema de dirección asistida eléctricamente se requiere de un sensor de par, el mismo que se encuentra incorporado en la columna de dirección. Este sensor va a detectar la cantidad de fuerza o par aplicado al volante por el conductor. La información del sensor de par se envía a la unidad de control electrónico (UCE) que procesa la señal para determinar la cantidad de asistencia necesaria.

La UCE está conectada a un motor eléctrico que forma parte del mecanismo de dirección. Este se encarga de proporcionar la asistencia necesaria para girar las ruedas.

Además del sensor de par, hay sensores que monitorean la velocidad del vehículo y la posición de las ruedas. Estos sensores proporcionan información adicional para ajustar la asistencia de dirección en diferentes situaciones, como a bajas velocidades o en maniobras de estacionamiento.

La UCE utiliza algoritmos de control deseables para calcular la cantidad óptima de asistencia en función de la información recibida de los sensores. Estos algoritmos toman en cuenta la velocidad del vehículo, la posición del volante y otros factores para proporcionar la cantidad justa de asistencia en cada momento.

Una vez conocidos estos aportes, corresponde identificar los ID`s tanto de velocidad del motor como de RPM, que se transportan a través de la red CAN. La finalidad es introducirle a la

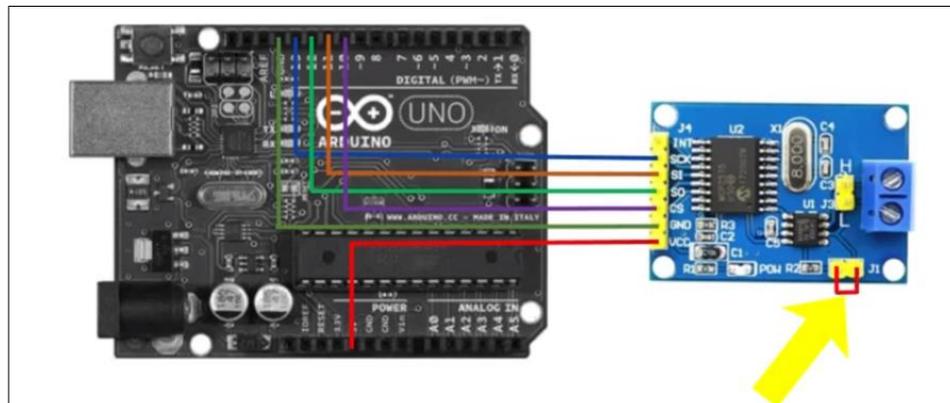
UCE cierta variación de velocidades, para corroborar la asistencia tanto en altas, como a bajas velocidades y en maniobras de estacionamiento.

Antes de efectuar las pruebas de campo en un vehículo, se requiere realizar un análisis con respecto al protocolo CAN. Con el objetivo de comprender la comunicación y levantar los medios necesarios para implementar una metodología de obtención de datos de un vehículo a tiempo real. Para esto se va a requerir:

5.5.1 *Construir una Emulación de Comunicación CAN BUS con Arduino y MCP2515.*

Es fundamental desarrollar el conjunto de componentes electrónicos que posibilite la conexión entre el sistema CAN BUS y los dispositivos Arduino y MCP2515. Este circuito en particular es ampliamente utilizado y su información detallada está disponible en diversos sitios web, como se ilustra en la figura 53.

Figura 53.
Circuito Electrónico de Comunicación CAN bus con Arduino y MCP2515



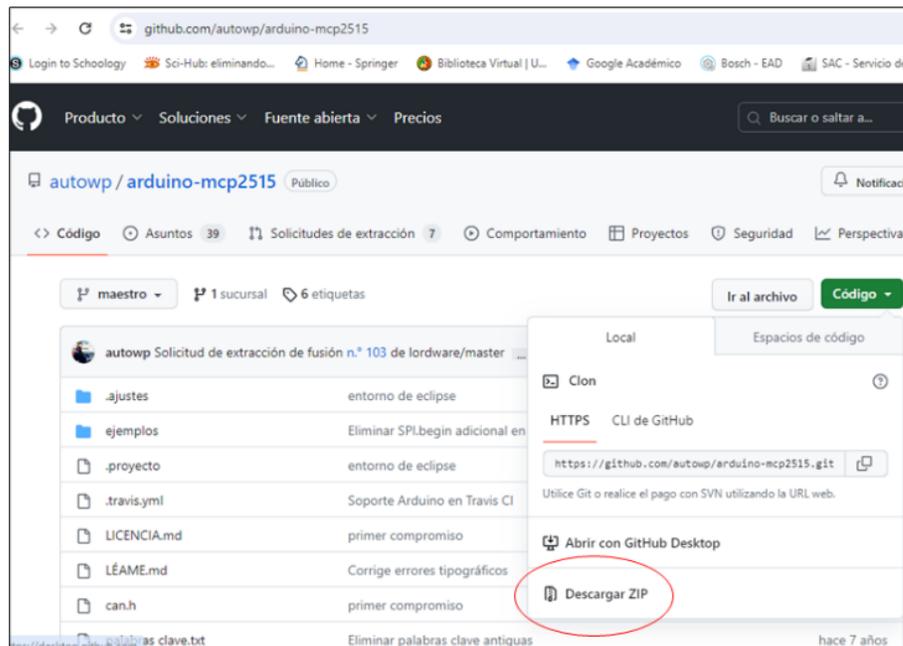
Nota. Comunicación CAN BUS con Arduino y MCP 2515, tomada de (Lozano, 2021).

Una vez realizado el circuito, se procede a descargar e instalar el programa de Arduino ubicado en el siguiente repositorio. (<https://github.com/autowp/arduino-mcp2515>).

A continuación, se procede a descargar y colocar la librería dentro de las carpetas de Arduino, por lo tanto;

Para descargar la librería MCP 2515, se debe dirigir al siguiente repositorio (<https://github.com/autowp/arduino-mcp2515>), como se ve en la figura 54, donde se deberá descargar la biblioteca necesaria para realizar el primer ejercicio de envío y recepción a través del protocolo CAN.

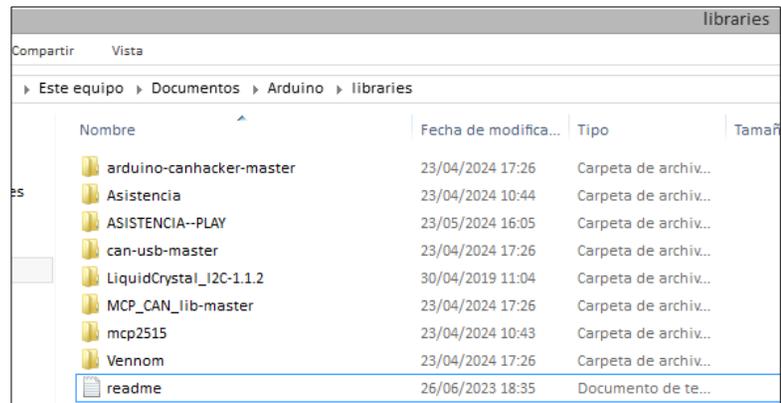
Figura 54.
Ubicación de la Librería



Nota. Librerías, tomada de (Software, s. f.)

Esta librería se va a colocar en **/Descargas**, por lo que se debe descomprimir y cambiar de ubicación a las librerías de Arduino que se encuentran en la dirección: **/documentos/Arduino/librerías** como se ve en la figura 55.

Figura 55.
Colocación de las Librerías



Nota. Ubicación de las librerías, autor.

A continuación, en la tabla 6 se van a ejecutar los códigos para el transmisor de datos en el ID de Arduino.

Tabla 6.
Códigos para el transmisor de datos.

TRANSMISOR CAN

```
#include <SPI.h>
#include <mcp2515.h>
struct can_frame canMsg1;
MCP2515 mcp2515(10);

void setup() {
    canMsg1.can_id = 0x0F6; // Identificador del nodo transmisor
    canMsg1.can_dlc = 8; //Data Length Code - código de longitud de
    datos, 8 Bytes
    canMsg1.data[0] = 0x00;
    canMsg1.data[1] = 0x00;
    canMsg1.data[2] = 0x00;
    canMsg1.data[3] = 0x00;
    canMsg1.data[4] = 0x00;
    canMsg1.data[5] = 0x00;
    canMsg1.data[6] = 0x00;
    canMsg1.data[7] = 0x00;
    while (!Serial);
```

Se observan los 8 bytes que van a ser transmitidos.

```

Serial.begin(115200);
mcp2515.reset();
mcp2515.setBaudrate(CAN_125KBPS);
mcp2515.setNormalMode();
}

void loop() {
  canMsg1.data[0] = 1000;
  canMsg1.data[1] = 250;

  mcp2515.sendMessage(&canMsg1);
  Serial.println("Mensaje enviado");
  Serial.println("Mensaje enviado");
  Serial.print(canMsg1.data[0]);
  Serial.print(",");
  Serial.print(canMsg1.data[1]);
  Serial.print(",");
  Serial.print(canMsg1.data[2]);
  Serial.print(",");
  Serial.print(canMsg1.data[3]);
  Serial.print(",");
  Serial.print(canMsg1.data[4]);
  Serial.print(",");
  Serial.print(canMsg1.data[5]);
  Serial.print(",");
  Serial.print(canMsg1.data[6]);
  Serial.print(",");
  Serial.println(canMsg1.data[7]);

  delay(5000);
}

```

Nota. Líneas de programación del emisor, tomada de (Castaño, 2019)

Seguidamente en la tabla 7, se va a ejecutar el código de recepción en el IDE de Arduino, que gracias a las librerías descargadas se puede tomar valores decimales y directamente operables. El `Print` de valor 1, ejemplificaría un valor de torque, mientras que el `Print` de valor 2, ejemplificaría un valor de ángulo.

Se mantiene la ideología de que al momento de leer la red CAN de un vehículo, se podría obtener estos valores, para posteriormente reemplazarlos.

Tabla 7.

Códigos para el receptor de datos.

RECEPTOR CAN

```
#include <SPI.h>
#include <mcp2515.h>
struct can_frame canMsg;

MCP2515 mcp2515(10);

float valor1 = 0.0;
float valor2 = 0.0;

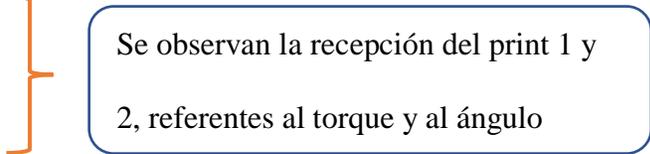
void setup() {

  Serial.begin(115200);
  mcp2515.reset();
  mcp2515.setBitrate(CAN_125KBPS);
  mcp2515.setNormalMode();
}

void loop() {
  if (mcp2515.readMessage(&canMsg) == MCP2515::ERROR_OK) {

    valor1 = canMsg.data[0];
    valor2 = canMsg.data[1];

    Serial.print("Torque: ");
    Serial.println(valor1);
    Serial.print("Angulo ");
    Serial.println(valor2);
  }
}
```

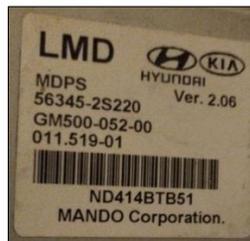


Nota. Líneas de programación del receptor, tomada de (Castaño, 2019)

5.5.2 *Recolección de Información Respecto al Módulo y su Diagrama de Pines y Puertos.*

Se requiere obtener el patillaje de cada conector del módulo EPS figura 56, con el objetivo de encontrar voltajes de alimentación, voltajes lógicos y pines de comunicación. Es importante conocer que dicho modulo es compatible con la marca KIA y Hyundai, por lo que la información se va a relacionar entre estas marcas.

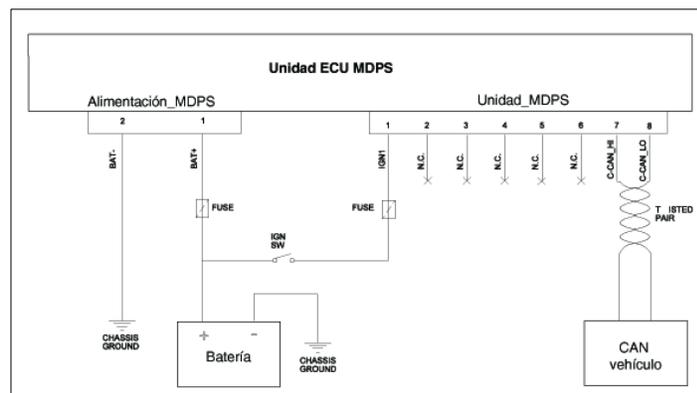
Figura 56.
Denominación del Módulo de Control EPS



Nota. Denominación del módulo, Autor.

En la siguiente figura 57, se puede observar el diagrama esquemático del sistema EPS, en el que se puede diferenciar cada una de las conexiones de alimentación, así como también la conexión con la unidad MDPS.

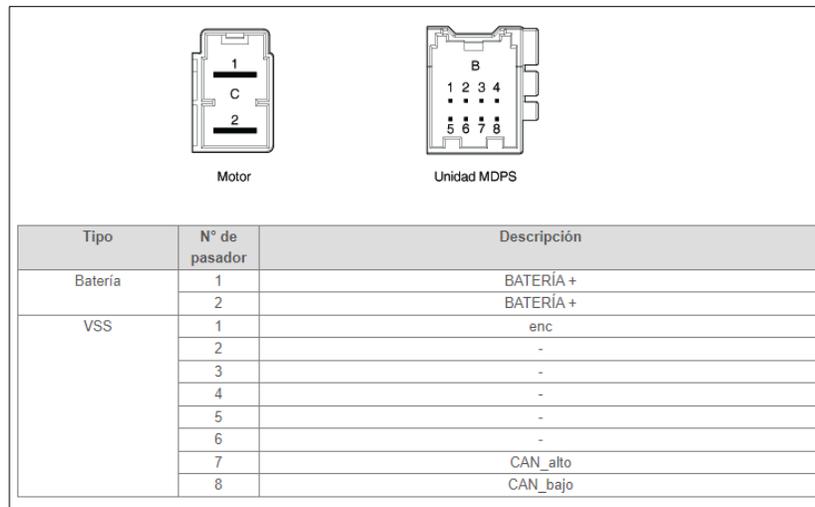
Figura 57.
Diagrama Esquemático del Sistema de Dirección EPS



Nota. Diagrama esquemático, tomada de (tucson - Dirección asistida - Sistema de la dirección, 2019).

En la siguiente figura 58, se muestra el conector del mazo de cables, en los que se destaca los pines de alimentación 1 y 2 importantes para alimentar el motor eléctrico, así como los pines de la red CAN 7 y 8, quienes van a permitir establecer la comunicación con el módulo electrónico.

Figura 58.
Conectores del Mazo de Cables



Nota. Conectores del maso de cables, tomada de (tucson - Dirección asistida - Sistema de la dirección, 2019).

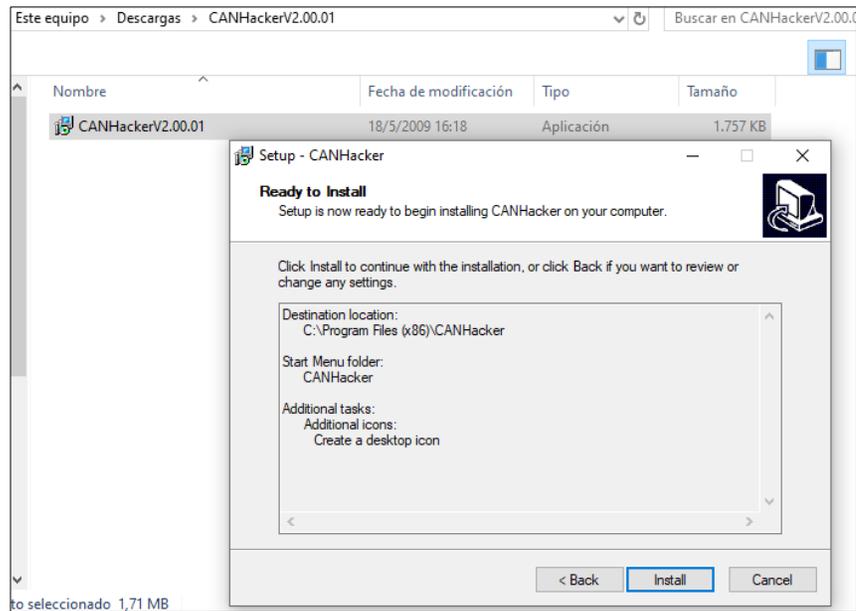
5.5.3 Obtención de Datos en Vivo de la Red CAN

Inicialmente, para la obtención de datos es necesario descargar e instalar, el software de captura de datos de un Bus CAN (CAN Hacker).

Se procede a descargar el programa del repositorio (<https://canhacker.ru/carbusanalyzer-0-8/>), y se procede a instalar de la siguiente forma:

- Una vez descargado dirigirse a **/descargas** y descomprimir el programa, seguidamente se abre lo abre y continuamos con los pasos requeridos, figura 59.

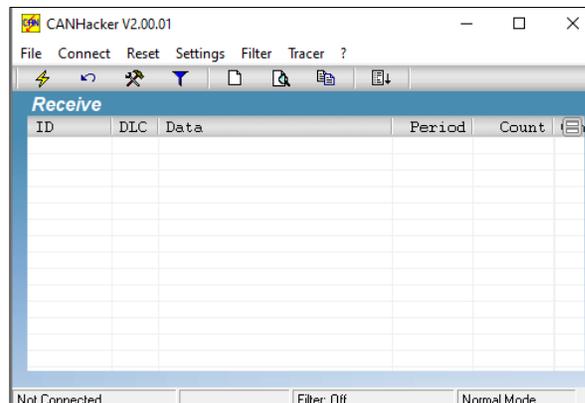
Figura 59.
Descargar e Instalar CAN Hacker



Nota. Instalación de Can Hacker, autor.

- Al ejecutar correctamente la instalación del programa va aparecer la interfaz del software, que va a permitir la visualización en tiempo real de la información que circula por la red CAN del vehículo, como se muestra en la figura 60.

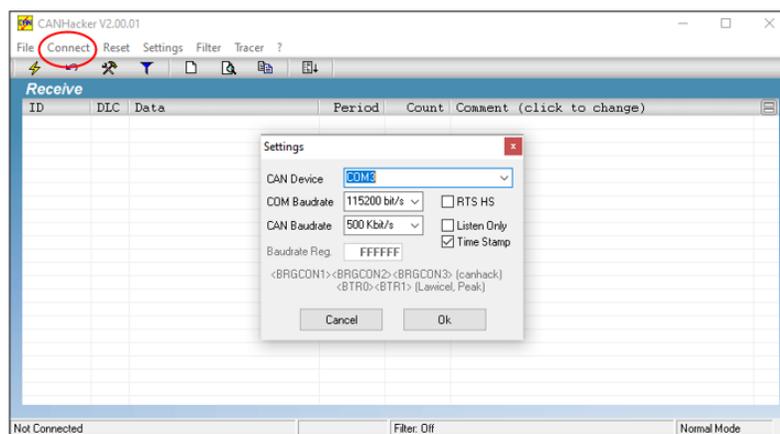
Figura 60.
Interfaz de CAN Hacker.



Nota. Vista de la interfaz de Can Hacker, autor.

- En Arduino debe estar quemado el programa Can Hacker USB, para proceder con las configuraciones, en la que la velocidad de transferencia de datos serial debe de estar en 115200 bit/s, y la velocidad de transferencia de datos debe de estar en 500 kbit/s como se muestra en la figura 61 a continuación.

Figura 61.
Configuración de CAN Hacker



Nota. Configuraciones de Can Hacker, autor.

- Importante que el Arduino esté conectado a la computadora y se debe seleccionar el puerto COM el cual haya creado este Arduino, en este caso el puerto **COM 3**. Para finalmente seleccionar la opción de "Connect", para tener acceso a la lectura del Bus CAN.
- Para que el dispositivo Arduino sirva de baipás entre el software CAN Hacker y el bus CAN se debe programar el Arduino con el programa CAN USB que viene en los ejemplos de la librería CAN USB, como se ve en la tabla 8.
- Para hacer uso de esta librería, es necesario descargar de este repositorio (<https://github.com/autowp/can-usb>) y se procede a instalar en la misma ruta de bibliotecas de Arduino, como se procedió con las bibliotecas anteriores.

Tabla 8.

Códigos de programación del CAN USB.

```
CAN USB
```

```
#include <can.h>
#include <mcp2515.h>

#include <CanHacker.h>
#include <CanHackerLineReader.h>
#include <lib.h>

#include <SPI.h>
#include <SoftwareSerial.h>

const int SPI_CS_PIN = 10;
const int INT_PIN = 2;

const int SS_RX_PIN = 3;
const int SS_TX_PIN = 4;

CanHackerLineReader *lineReader = NULL;
CanHacker *canHacker = NULL;

SoftwareSerial softwareSerial(SS_RX_PIN, SS_TX_PIN);

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    while (!Serial);
    SPI.begin();
    softwareSerial.begin(115200);

    Stream *interfaceStream = &Serial;
    Stream *debugStream = &softwareSerial;

    canHacker = new CanHacker(interfaceStream, debugStream,
    SPI_CS_PIN);
```

```

    //canHacker->enableLoopback(); // uncomment this for
loopback
    lineReader = new CanHackerLineReader(canHacker);

    pinMode(INT_PIN, INPUT);
}

void loop() {
    CanHacker::ERROR error;

    if (digitalRead(INT_PIN) == LOW) {
        error = canHacker->processInterrupt();
        handleError(error);
    }

    error = lineReader->process();
    handleError(error);
}

void handleError(const CanHacker::ERROR error) {

    switch (error) {
        case CanHacker::ERROR_OK:
        case CanHacker::ERROR_UNKNOWN_COMMAND:
        case CanHacker::ERROR_NOT_CONNECTED:
        case CanHacker::ERROR_MCP2515_ERRIF:
        case CanHacker::ERROR_INVALID_COMMAND:
            return;

        default:
            break;
    }

    softwareSerial.print("Failure (code ");
    softwareSerial.print((int)error);
    softwareSerial.println(")");

    digitalWrite(SPI_CS_PIN, HIGH);
    pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

```

```

while (1) {
  int c = (int)error;
  for (int i=0; i<c; i++) {
    digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
    delay(500);
  }

  delay(2000);
} ;
}

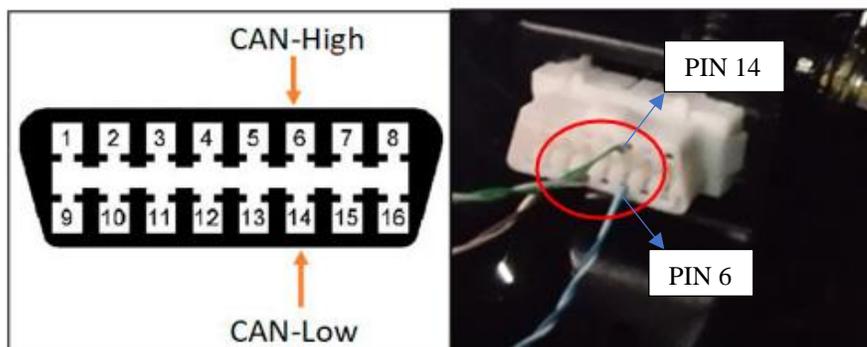
```

Nota. Líneas de programación de Can USB, tomada de (Dmitry, 2015/2024).

Para establecer esta comunicación, hay que conectar el circuito realizado inicialmente de comunicación CAN BUS con Arduino y MCP2515, al puerto de entrada OBD II del vehículo, figura 62. Directamente a los pines de comunicación en este caso CAN HIGT que trabaja con voltajes aproximados de 2.8 y CAN LOW con voltajes aproximados de 2.7v.

Figura 62.

Pines de Conexión CAN HIGT y CAN LOW



Nota. Pines de conexión con puerto OBD II del vehículo, tomada de (*Qué es el CAN-FD y DoIP y Cómo trabajar con estos protocolos*, 2022).

Una vez establecida la comunicación haciendo uso de CAN USB y a través de CAN Hacker se visualiza en la figura 63, diferentes ID`s que posee el vehículo los mismos que van hacer

analizados para posteriormente ser enviados a través de la red CAN hacia el módulo de control electrónico EPS.

Figura 63.
Visualización de IDs y Códigos del Vehículo

Time	ID	DLC	Data
16,797	308	8	00 00 00 00 08 18 00 03
16,805	312	8	1F FF 1F FF 1F FF 1F FF
16,805	215	8	00 00 00 00 00 00 00 00
16,815	415	7	00 FF 00 00 FF 00 FF
16,815	608	8	0A 00 FF FF FF FF FF 00
16,817	212	8	00 FF 00 00 1F FF 1F FF
16,817	308	8	00 00 00 00 08 18 00 03
16,825	312	8	1F FF 1F FF 1F FF 1F FF
16,825	215	8	00 00 00 00 00 00 00 00
16,837	212	8	00 FF 00 00 1F FF 1F FF
16,837	308	8	00 00 00 00 08 18 00 03
16,845	312	8	1F FF 1F FF 1F FF 1F FF
16,845	215	8	00 00 00 00 00 00 00 00
16,857	212	8	00 FF 00 00 1F FF 1F FF
16,857	308	8	00 00 00 00 08 18 00 03
16,865	312	8	1F FF 1F FF 1F FF 1F FF
16,865	215	8	00 00 00 00 00 00 00 00

Nota. Datos en vivo de la red CAN, Autor a través de Can Hacker.

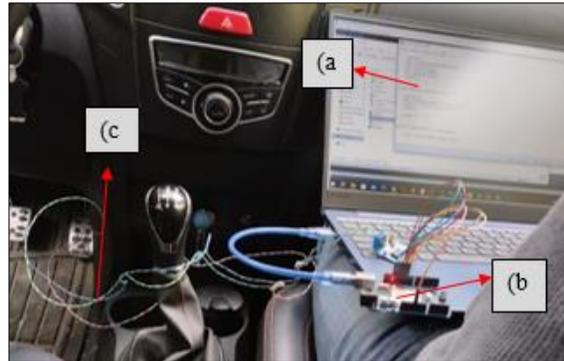
En la figura 64, se observa la conexión Can Bus con el vehículo en la que se puede observar gran cantidad de ID`s y datos. El vehículo en el que se trabajó (Hyundai Tucson IX) posee 67 diferentes ID`s, que controlan diferentes funciones del vehículo. Por lo que se requiere establecer una metodología para determinar los ID`s y códigos encargados de comunicar el módulo de control de la dirección EPS, con la computadora central del vehículo.

Para esto se desarrolló los siguientes pasos:

5.5.4 *Toma de datos a Diferentes Velocidades.*

Se realizó la conexión para establecer la recolección de datos a diferentes velocidades y RPM. Las cuales fueron aproximadas a; (10 km/h a 1500 rpm), (30 km/h a 2000 rpm) y (50 km/h a 3000 rpm).

Figura 64.
Conexión para la Recolección de Datos

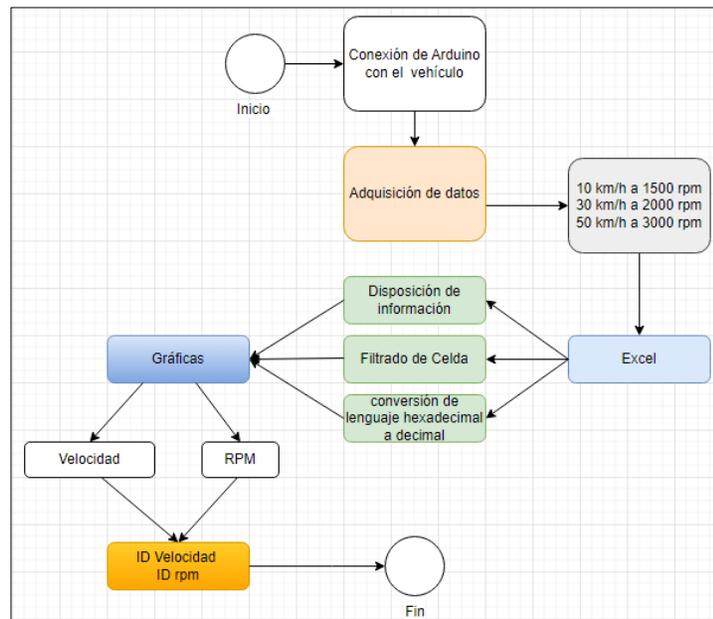


Nota. En (a) se encuentra el ordenador con el software Arduino, en (b) el circuito de comunicación Arduino UNO y MCP2515, y en (c) salida de cables que se conectan con el puerto OBD II del vehículo, Autor.

5.5.5 *Análisis de la Información en Excel.*

A continuación, se representa las funciones para el análisis de la información en Excel para determinar el ID de velocidad y rpm, mediante un diagrama de flujo el cual se representa en la figura 65.

Figura 65.
Diagrama de Flujo del Análisis de Información en Excel



Nota. Diagrama de flujo del análisis en Excel, adaptada de (<https://app.diagrams.net/>).

El objetivo principal de haber tomado datos a diferentes velocidades y revoluciones del motor, es con la finalidad de que, al pasar la información al software Excel se pueda trabajar en cada base de datos, obtenida a diferentes regímenes de velocidad y rpm. Al momento de trabajar en cierta base de datos y se logre encontrar la gráfica que muestre las características de la base de datos en cuestión, se procede a graficar empleando el mismo ID utilizado para la primera gráfica, al comparar estas graficas e identificar que estas coinciden, se logra tener la certeza de que se está trabajando con ID correcto. Se debe seguir este proceso para determinar cada uno de los dos ID.

En la figura 66, que se muestra a continuación se muestra el formato en el que se encontrará distribuida la información de la base de datos obtenida del vehículo:

Figura 66.
Formato Distribuido de la Base de Datos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	TIEMPO	ID	DLC	Data 8	Data 7	Data 6	Data 5	Data 4	Data 3	Data 2	Data 1
2	1,464	139	8	0	70	64	0	0	0	0	0
3	1,465	271	8	44	9	81	62	50	3	0	40
4	1,465	387	8	0	0	12	0	0	0	0	0
5	1,469	2EA	8	20	0	20	0	20	0	A0	0
6	1,471	125	8	0	4D	1	E0	60	0	0	0
7	1,473	101	8	0C	67	9	60	96	10	7	80
8	1,474	139	8	0	70	64	0	0	0	0	0
9	1,476	271	8	44	9	81	62	50	3	0	40
10	1,478	3FD	8	0	0	3	38	0	10	20	0
11	1,480	351	8	20	0	3	BF	0	0	0	0
12	1,482	311	8	E0	96	0F	FF	0F	FF	5D	0
13	1,485	387	8	0	0	12	0	0	0	0	0
14	1,487	101	8	0C	67	9	60	96	10	7	90

Nota. En la celda (A) tenemos el tiempo de frecuencia, la celda (B) se encuentran todos los ID`s de la red CAN, la celda (C) por sus siglas DLC, indica el código de longitud de datos contiene el número de bytes de la transmisión, en este caso indica los 8 códigos siguientes de las celdas: (D, E, F, G, H, Y, J, K), Autor.

Una vez clara esta información se procede a la búsqueda de cada ID de la siguiente forma:

1. Debido a que la información procedente de la base de datos se encuentra en una sola celda como se observa en la figura 67(a), se procede a separarla como se aprecia en la figura 67(b) (para ello puede usar la opción de separar datos que se encuentra disponible en Excel). Por el motivo de que se debe usar fórmulas para identificar el PID de velocidad y rpm se requiere que los datos estén separados.

Figura 67.
Disposición de la Información de la Base de Datos

a)

	A	B
30	01,522 351 8 20 00 03 8F 00 00 00 00	
31	01,524 125 8 00 4D 00 E0 BC 00 00 00	
32	01,526 101 8 0C 6E 09 60 96 10 06 D0	
33	01,529 3FD 8 00 00 03 38 00 10 20 00	
34	01,531 125 8 00 4D 00 E0 CB 00 00 00	
35	01,533 2E9 8 20 00 20 00 20 00 A0 00	
36	01,536 101 8 0C 6E 09 60 96 10 06 E0	
37	01,538 271 8 44 09 81 62 50 03 00 40	
38	01,541 125 8 00 4D 01 E0 DB 00 00 00	
39	01,542 311 8 10 96 0F FF 0F FF 6A 00	
40	01,546 3B7 8 00 00 12 00 00 00 00 00	
41	01,547 139 8 00 70 64 00 00 00 00 00	

b)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	00,651	18F	316	FA	3A	0	0	0	50	0	20
21	00,690		316		5	24	70	00	24	08	3 SE
41	00,730		316		5	23	6C	00	23	0C	3 SE
48	00,744		316	9A	3	7	7	44	20	0	14
63	00,774		316		0	0	0	0	0	0	0
72	00,794		316		5	20	40	00	20	0C	3 SE
91	00,833		316		0	7	A0	C1			
121	00,893		316		5	1D	2C	0D	10	0C	3 SE
134	00,921		316		5	1B	2C	0D	18	00	4 SE
153	00,960		316	4F	B8	62	90	11	20	0	14
171	00,991		316		5	19	6C	00	19	00	4 SE
180	01,009		316		5	18	70	00	18	00	4 SE
186	01,022		316		5	18	70	00	18	00	4 SE
221	01,092		316		5	14	90	00	14	00	4 SE

Nota. Disposición de la base de datos, Autor.

- Para que resulte más rápida y eficaz la búsqueda, será de gran utilidad filtrar la columna (B), que corresponde a los PID`s, como se muestra en la figura 68(a). Esto debido a que tenemos diferente tipo de información que viaja a través de la red CAN, por lo que filtrar esta celda va a permitir realizar una búsqueda más ordenada y precisa. En la figura 68(b) se observa el orden caótico de los datos correspondiente a la información sin filtrado.

Figura 68.
Filtrado de las Celdas

a)

	A	B	C	D
1	35,440	1	8	20
415	36,325	556		8 C1
557	36,625	556		8 C3
744	37,027	556		8 C6
790	37,126	556		8 C7
883	37,326	556		8 CF
1024	37,627	556		8 D0
1071	37,724	556		8 CD

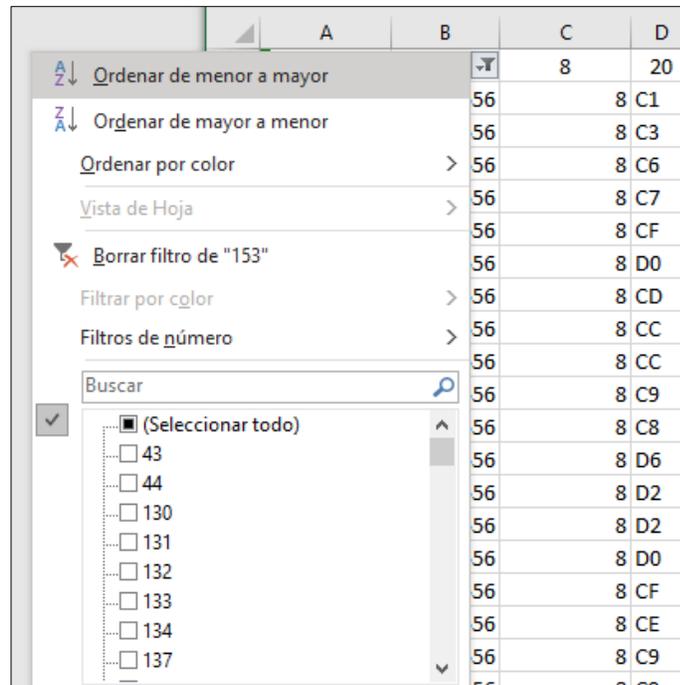
b)

	A	B	C	D
1	35,440	1	8	20
2	35,443	130		8 2F
3	35,444	251		8 FA
4	35,447	140		8 0
5	35,449	394		8 0
6	35,452	381		8 80
7	35,453	280		5 FF
8	35,455	383		8 5
9	35,457	140		8 E0
10	35,459	220		8 1

Nota. Filtrado de celdas, Autor.

- Una vez filtrado, resulta mas sencillo el proceso elegir y saltar entre los diferentes PID que se puede encontrar en la data, de esta manera se podrá reducir el tiempo de búsqueda como se observa en la figura 69:

Figura 69.
Filtrado de cada ID.



Nota. Filtrado de ID, Autor.

- Una vez separada la información celda por celda y filtrada, se procede a convertir el resto de información presente en la fila de lenguaje hexadecimal a decimal, los datos de interés para realizar la conversión se alojan desde la columna (D) en adelante, para ello se aplicará la fórmula que se ve en la figura 70.

Figura 70.

Fórmula para Convertir los Bits del Lenguaje Hexadecimal a Decimal

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	20	0	10	FF	0	FF	90	BE		32	0	16	255	0	255	144	190
415	C1	83	C6		19	20	B3	0	2	193	131	198	25	32	179	0	2
557	C3	83	FA		19	21	B4	0	2	195	131	250	25	33	180	0	2
744	C6	83	32	1A		21	B4	0	2	198	131	50	26	33	180	0	2
790	C7	83	30	1A		21	B4	0	2	199	131	50	26	33	180	0	2
883	CF	83	30	1A		21	B4	0	2	207	131	48	26	33	180	0	2
1024	D0	83	60	1A		21	B4	0	2	208	131	96	26	33	180	0	2
1071	CD	83	60	1A		21	B4	0	2	205	131	96	26	33	180	0	2

Nota. Transformación del lenguaje hexadecimal a decimal, Autor.

5. Para encontrar las RPM se debe aplicar una fórmula existente de («OBD-II PID», 2021), siendo $(256A+B)/4$, mientras que la velocidad aparece directamente ya que la fórmula es simplemente (A). En donde A y B puede ser cualquiera de los bits encontrados en cada celda.

5.5.6 Verificación del ID a través de Gráficas.

Una vez aplicada la fórmula de las RPM del motor, se procede a comparar cada una de las tres gráficas a diferentes regímenes, con cada uno de los ID`s hasta llegar a verificar una coincidencia en la forma de las gráficas, sujetas a cada régimen de revoluciones por minuto del motor.

Es importante resaltar que las RPM del motor no afectan directamente en la interacción del módulo, pero si es necesario el ID para su complemento.

Con estas gráficas se llegó a determinar, que el ID encargado de comandar las revoluciones por minuto, son las del **ID (556)**. En la gráfica 71 (A), se aprecia la gráfica a 1500 RPM, la figura 71 (B) muestra la gráfica a 2000 RPM, y finalmente la figura 71 (C) indica la gráfica de 3000 RPM.

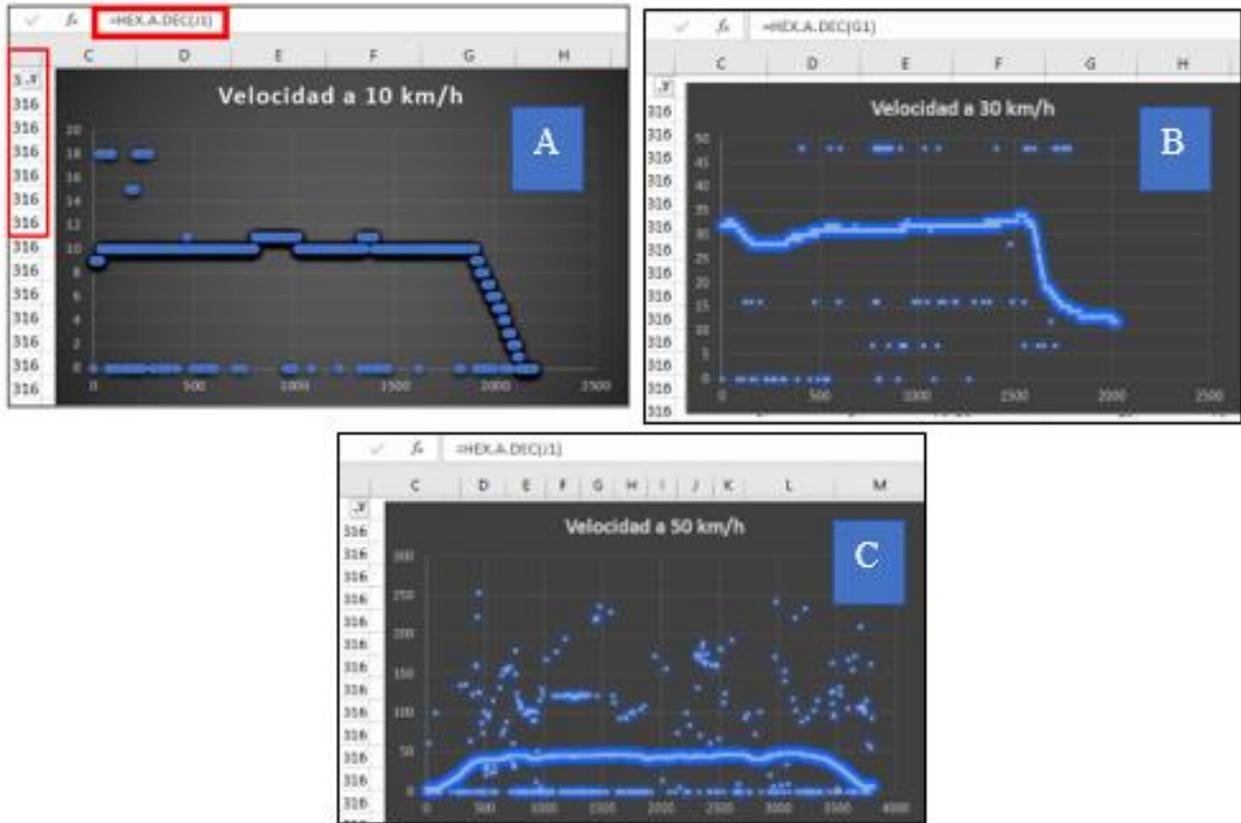
Figura 71.
Gráfica del ID a Diferentes rpm



Nota. Gráficas del ID de rpm, Autor.

Para determinar el ID de las velocidades, se procede de la misma forma, verificando en cada ID la gráfica que determine la velocidad establecida, con la diferencia de que no se aplica la fórmula, bastará con convertir de hexadecimal a decimal, ya que esta vendrá directamente. Como se muestra en la figura 72, llegando a determinar que el ID que comanda la velocidad, corresponde al (316). La figura 72 (A) muestra la gráfica a 10 km/h, la figura 72 (B) indica la gráfica a 30 km/h y la figura 72 (C) muestra la gráfica a 50 km/h. Fueron seleccionadas las gráficas por puntos ya que es imposible identificarlas por líneas debido a que aparecen ruidos producto de la comunicación y velocidad de transmisión.

Figura 72.
Gráficas del ID a Diferentes Velocidades en Km/h

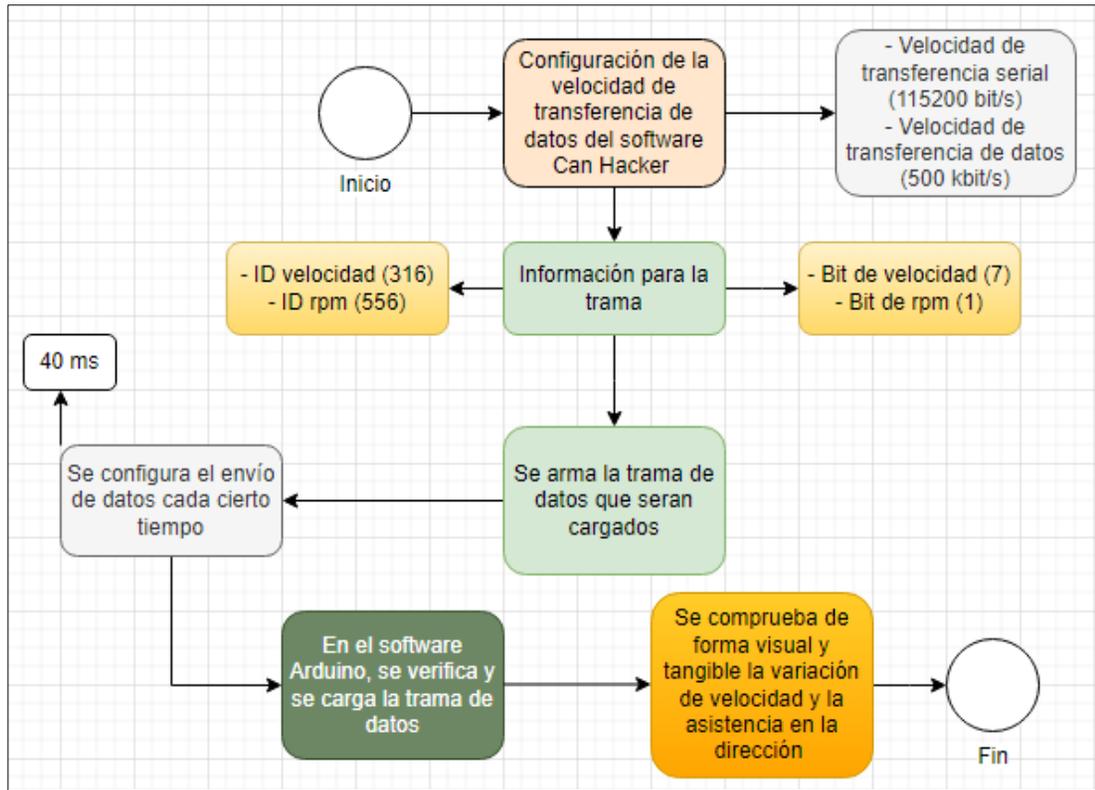


Nota. Gráficas del ID de velocidad, Autor.

5.5.7 *Entramado de Datos por ID.*

A continuación, se representa las funciones para el envío del entramado de datos correspondientes al ID de velocidad y rpm, mediante un diagrama de flujo el cual se representa en la figura 73.

Figura 73.
Diagrama de Flujo del Entramado de Datos

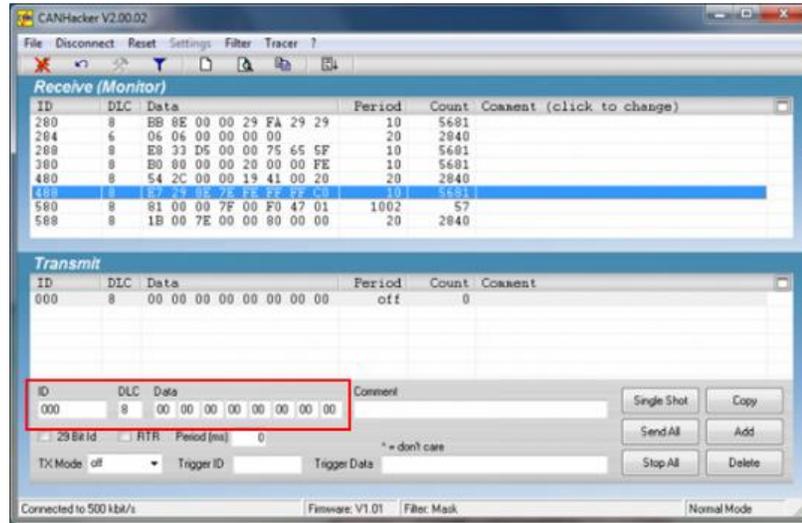


Nota. Diagrama de flujo del entramado de datos, adaptada de (<https://app.diagrams.net/>).

A través del programa can hacker se puede visualizar la acumulación de datos conforme pasa el tiempo. Cada uno de estos datos se encuentra bien definido por un ID; cada fila de ID's presenta un arreglo de datos de 8 posiciones (8 bits) que representa un dato obtenido de todo el sistema de sensores del automóvil.

Para este caso los de interés serán (316) y (556) que fueron filtrados bajo el procedimiento anterior y representan velocidad y RPM respectivamente. Como se muestra en la figura 74.

Figura 74.
Entramado de Datos en el Software CANHacker



Nota. Entramado de datos, Autor.

De esta forma ahora ya se puede ensamblar una trama de datos en el software Arduino a cualquier valor razonable de prueba. Para verificar que la trama es la correcta se realizó una prueba al enviar una variación de rpm específicamente en el bit 1, como se ve en la figura 75, en un vehículo en posición de start, dicha cantidad se refleja en el panel de instrumentos, verificando de esta manera que la trama es correcta para proceder a establecer la sincronización de la trama para ser enviada al módulo de control electrónica del vehículo.

Figura 75.
Envío de la Trama de rpm

```
//armado de la trama de RPM
byte data2[8] = {0xrpmA, 0x7F, 0x58, 0x17, 0x0B, 0x29, 0x61, 0x00};

byte sndStat1 = CAN0.sendMessageBuf(0x556, 0, 8, data2);
if (sndStat1 == CAN_OK) {
    Serial.println("Message Sent Successfully!");
} else {
    Serial.println("Error Sending Message...");
}
```

Nota. Extracto de líneas de programación del envío de rpm, Autor.

De la misma forma, se ha detectado que el bit de velocidad se encuentra en la posición número 7 (0-6). Es ahí en donde se ha de manipular una velocidad prueba a saber la respuesta del controlador del asistente, la velocidad deseada debe ser cargada en lenguaje hexadecimal. En la figura 76, se muestra el entramado en el software Arduino que se va a enviar a la red CAN, cabe recalcar que las líneas de programación completa se encuentran en el ANEXO 4.

Figura 76.

Envío de la trama de la Velocidad

```
//armado de la trama de velocidad
byte data1[8] = {0x05, 0x12, 0x38, 0x1D, 0x12, 0x11, velocidadA, 0x5E};

byte sndStat = CAN0.sendMessage(0x316, 0, 8, data1);
if (sndStat == CAN_OK) {
    Serial.println("Message Sent Successfully!");
} else {
    Serial.println("Error Sending Message...");
}
```

Nota. Extracto de líneas de programación del envío de rpm, Autor a través de software Arduino.

Finalmente, la trama establecida se procede a enviar a través de la red CAN e implícitamente a través de todos los medios electrónicos por medio de las siguientes líneas de código, como se muestra a continuación en la figura 77, importante recordar que las líneas de programación completas se encuentran en el ANEXO 4. Se mostrará un mensaje exitoso, cada vez que el bit se envíe correctamente a la red CAN.

Figura 77.

Líneas de Código para Enviar la Trama de Datos

```
byte sndStat = CAN0.sendMessage(0x316, 0, 8, data1);
if (sndStat == CAN_OK) {
    Serial.println("Message Sent Successfully!");
} else {
    Serial.println("Error Sending Message...");
}
```

Nota. Extracto de líneas de programación, Autor a través de Software Arduino.

Se podría ejemplificar una trama en la que los siete bits` exceptuando el octavo de velocidad sean arbitrarios y modificar este último con la lectura analógica de un potenciómetro, que emulara la variación de velocidad posible a darse, así como también se plantea la programación de una pantalla LCD, en la que se evidencia la variación tanto de velocidad como de rpm mediante del potenciómetro. En la figura 78, se observa un extracto de las líneas de programación de estos componentes, ya que la información completa se encuentra en el ANEXO 4.

Una vez recibida la data por parte del controlador del asistente, es observable y tangible de forma directa, la facilidad para manipular el volante de la dirección a velocidades emuladas bajas, así como la reducción de la asistencia en proporción al aumento de velocidad.

Figura 78.
Líneas de Programación del Potenciómetro y la Pantalla LCD

```

void loop() {
  int valorPedal1 = map(analogRead(pedalSpeed), 43, 1023, 0, 200);
  int valorPedal2 = map(analogRead(pedalrpm), 47, 1023, 0, 40);

  total1 = total1 - samples1[in1] + valorPedal1;
  samples1[in1] = valorPedal1;
  byte velocidadA = total1 / numSamples;
  in1 = (in1 + 1) % numSamples;

  total2 = total2 - samples2[in2] + valorPedal2;
  samples2[in2] = valorPedal2;
  byte rpmA = total2 / numSamples;
  in2 = (in2 + 1) % numSamples;

  // Serial.print("Velocidad: ");
  // Serial.println(velocidadA);
  //
  // Serial.print("RPM: ");
  // Serial.println(rpmA);

  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Speed:");
  lcd.print(velocidadA);
  lcd.print("km/h");
}

```

Nota. Extracto de líneas de programación de potenciómetro y LCD, Autor a través de Software Arduino.

6. Resultados

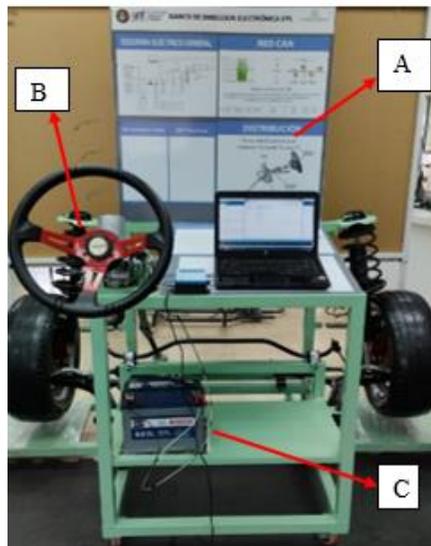
6.1 Disposición final del Banco de Dirección Electrónica EPS.

En la figura 79 se puede observar finalmente el Banco de dirección Electrónica EPS, en el cual, la sección “A” corresponde a los diagramas presentes en el banco, así como también información adicional complementaria, y por último un espacio para la computadora en la cual se va a realizar el control general del banco.

En la sección “B” se encuentra la parte más importante del Banco, dando referencia al Módulo de Dirección MCPD, quien será el encargado de recibir la información que aplique el usuario, para realizar la asistencia en la dirección, así como también se encuentra el volante que, gracias a este, el usuario puede aplicar un movimiento sea de izquierda a derecha para que el módulo pueda interpretarlo y ejecutar cierto grado de asistencia.

En la sección “C” se encuentra un el espacio para la fuente de alimentación a 12V, indispensable para el funcionamiento del banco.

Figura 79.
Disposición del Banco Didáctico EPS



Nota. Disposición final del banco, Autor.

6.2 Validación mediante puesta en funcionamiento.

Una vez realizado el ensamble de todos los componentes que conforman el banco de dirección electrónica EPS, se procede a poner en funcionamiento con la finalidad de verificar que el banco cumpla correctamente sus funciones realizando las guías prácticas 1 y 2, que se encuentran en el Anexo 2.

6.3 Impacto estudiantil del Banco de Dirección Electrónica EPS.

Con el propósito de que el banco sea validado en la carrera de Ingeniería Automotriz, se realizó encuestas a los estudiantes que reciben las materias de computadoras automotrices, autotrónica y sistemas de traslación, las mismas que tratan sobre la funcionalidad, la ergonomía y la seguridad del banco. Por lo que es necesario determinar la muestra considerando la cantidad de máxima de alumnos que pueden poseer dichas asignaturas y que corresponden a 90 estudiantes, para lo cual se realiza un cálculo mediante la siguiente ec. (5).

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2(N-1) + Z^2 * p * q} \quad (5)$$

Donde:

n = muestra

z = nivel de confianza (95% con $Z= 1,96$)

p = probabilidad de favor (50%)

q = probabilidad en contra (50%)

N = población

e = error de muestra (0.05)

Al aplicar la ec. (3) tendremos:

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5 * 90}{0,05^2(90 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n' = 73,01 \text{ muestra}$$

Debido a que el tamaño de población es pequeño, la muestra indica un valor de porcentaje elevado. Por lo que, se va a reducir el tamaño de la muestra con la ec. (6)

$$n = \frac{n \cdot (N)}{n + N} \quad (6)$$

$$n = \frac{73,01(90)}{73,01 + 90}$$

$$n = 40,31 \text{ muestra total}$$

Finalmente se obtuvo una muestra total de 40,31 personas, tomando en cuenta la presencia estratificadas de diferentes personas por materia, las mismas que respondieron a las encuestas referentes al banco didáctico y a las 2 guías prácticas.

Los estudiantes realizaron de forma grupal (4 grupos por curso), el desarrollo de las dos guías prácticas propuestas, y en la figura 80 se puede observar a los alumnos durante el desarrollo de las prácticas.

Figura 80.

Desarrollo de las Guías Prácticas con los Estudiantes



Nota. Estudiantes realizando las guías prácticas, Autor.

Las encuestas propuestas para los estudiantes que realicen la práctica del Banco de Dirección Electrónica EPS, se encuentran realizadas de dos maneras, la primera, como se muestra en la tabla, se refiere al uso del banco incluyendo parámetros como seguridad, disponibilidad de elementos, mantenimiento, ergonomía, etc. El número de preguntas son 16 en total, las mismas que son de ponderación “Si”, “No” y “en parte”, las preguntas se encuentran en la Tabla 9.

Tabla 9.

Preguntas generales del Banco de Dirección EPS.

Nro.	Preguntas
1	¿Considera que el banco de dirección EPS presenta algún tipo de riesgo para su seguridad?
2	¿Consideras que el banco de dirección EPS cuenta con un dispositivo de paro de emergencia?
3	¿Cree usted que el diseño ergonómico del banco garantiza una postura cómoda y saludable durante su uso?
4	¿Consideras que el banco de dirección electrónica EPS facilita el desarrollo de las guías prácticas para personas de diferente estatura?
5	¿Cree usted que el área de trabajo donde se encuentra el banco de dirección electrónica EPS es más adecuado?
6	¿Está usted satisfecho/a con la disponibilidad de los materiales del banco didáctico de dirección electrónica EPS?
7	¿Con respecto al diseño, considera usted que su estética es la apropiada para este tipo de banco?
8	¿Cree usted que este banco de dirección electrónica EPS, podría competir con los bancos que se encuentran disponibles en el mercado?

-
- 9 ¿Considera usted complejo el montaje y desmontaje de los elementos del banco?
 - 10 ¿Cree usted que la simbología presente en el banco de dirección electrónica EPS, facilita la identificación de los componentes?
 - 11 ¿Considera que las conexiones presentes en el banco de dirección electrónica EPS están correctas y seguras para el usuario?
 - 12 ¿Considera usted que el banco de dirección electrónica EPS es apto para la realización de distintas guías prácticas?
 - 13 ¿Considera usted que el manual de uso y mantenimiento y funcionamiento se encuentra correctamente estructurado?
 - 14 ¿Considera usted que el manual de uso, mantenimiento y funcionamiento es comprensible?
 - 15 ¿El manual de usuario, mantenimiento y funcionamiento indica el uso adecuado, así como el uso inadecuado del banco?
 - 16 ¿El manual de usuario, mantenimiento y funcionamiento indica los riesgos y las medidas preventivas que puedan suscitarse en el banco durante su uso?
-

Nota. Preguntas en base al Banco de Dirección EPS, con parámetros de ergonomía, seguridad y mantenimiento.

La segunda, se enfoca en las guías prácticas 1 y 2, basada en parámetros de entendimiento, aprendizaje y dificultad. El número de preguntas es de 10 en total, de las cuales se va a contestar con “sí”, “no”, “en parte”. La pregunta 7 se tiene que contestar: “Difícil”, “Medio”, “Fácil”, que se va a considerar el orden de (“sí”, “no,” “en parte”) respectivamente, mientras que las pregunta

10 se debe contestar con: “Computadoras Automotrices”, “Electrónica Automotriz”, “Autotrónica” y “Sistemas de Traslación”. Las preguntas se encuentran en la Tabla 10.

Tabla 10.

Preguntas sobre las guías prácticas del Banco de Dirección EPS.

Nro.	Preguntas
1	¿Cree usted que las instrucciones para la realización de las guías prácticas, son claras y precisas?
2	¿Considera usted que las guías prácticas para trabajar en el banco didáctico, son claras y fáciles de desarrollar?
3	¿Las guías prácticas proporcionan instrucciones detalladas de cómo operar el banco?
4	¿Las guías prácticas incluyen ejemplos de aplicaciones y ejercicios prácticos para reforzar el aprendizaje?
5	¿Considera usted que las guías prácticas para trabajar en el banco incluyen diagramas y representaciones visuales que faciliten la comprensión del Sistema de Dirección Electrónica EPS?
6	¿Considera usted que las preguntas de control planteadas son relevantes y adecuadas para aumentar el proceso de aprendizaje?
7	¿Como valora usted el nivel de complejidad de la guía práctica, en relación con el nivel de conocimiento requerido?
8	¿Cree usted que la guía práctica se encuentra organizada de forma efectiva para facilitar su ejecución?
9	¿Considera usted que las guías prácticas contribuyen de forma notable para alcanzar los objetivos de aprendizaje?

10 Considera que las Guías prácticas contribuyen a su formación en las asignaturas de:

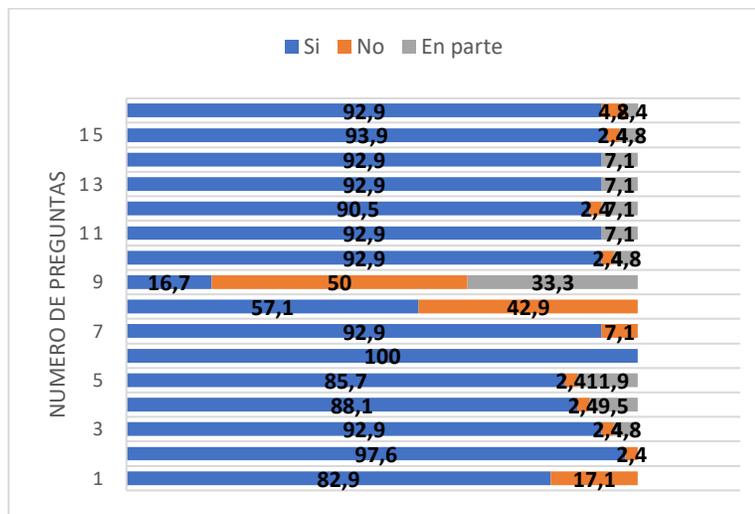
Nota. Preguntas con base a las guías prácticas propuestas enfocadas a la facilidad y dificultad de aprendizaje, así como también al entendimiento y eficacia.

6.4 Resultados de las encuestas de satisfacción

Como se puede observar en la figura 81, la mayoría de preguntas sobrepasan el 80% de aprobación por parte de los estudiantes, con respecto a la conformidad con el banco de dirección electrónica EPS. A excepción de la pregunta 9 que habla acerca del montaje y desmontaje de los componentes del banco, en donde el 16,7% establece que, si es complejo, el 50% dice que no es complejo, mientras que el 33,3% manifiesta que la complejidad es intermedia.

Figura 81.

Resultados de la Encuesta sobre el Banco de Dirección Electrónica EPS



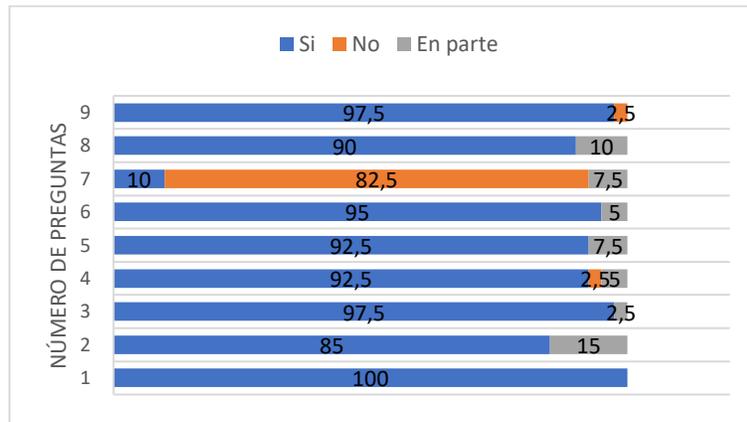
Nota. Realizado a través del software Microsoft Excel.

A continuación, se presentan los resultados de las encuestas realizadas de forma individual para cada guía práctica.

En los resultados de la práctica 1 figura 82, se observa que en la mayoría de preguntas se supera el 85% de aceptación, resaltando la pregunta 1 quien cuestiona si las instrucciones para la

realización de la guía práctica son claras y precisas, obteniendo un 100% de aprobación. Mientras que en la pregunta 7 que se refiere a la complejidad de la guía práctica, el 10% dice que está difícil, mientras que el 82,5% indica que la guía está en un nivel medio de complejidad, y finalmente el 7,5% encuentra fácil la guía práctica.

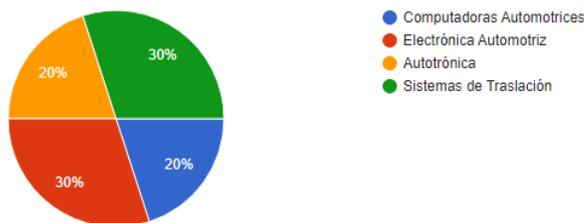
Figura 82.
Resultados de la Encuesta Realizada sobre la Practica 1



Nota. Realizada a través del software Microsoft Excel.

En los resultados de la pregunta 10 figura 83, en la que los estudiantes deben manifestar en que asignaturas contribuyen a su formación estas guías prácticas, por lo que las más escogidas con un 30% son “Electrónica Automotriz” y “Sistemas de Traslación”, mientras que con un 20% “Computadoras Automotrices” y “Autotrónica”.

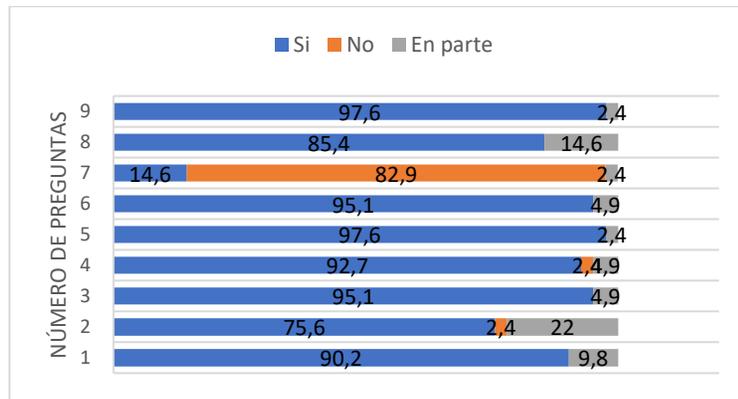
Figura 83.
Resultados de la Pregunta Número 10 de la Práctica 1



Nota. Resultados pregunta 10. Autor.

En los resultados de la práctica 2 figura 84 se observa que en la mayoría de preguntas se supera el 75% de aceptación por parte de los encuestados. Mientras que en la pregunta 7 que se refiere a la complejidad de la guía práctica, el 14,6% dice que está difícil, mientras que el 82,9% indica que la guía está en un nivel medio de complejidad, y finalmente el 2,4% encuentra fácil la guía práctica.

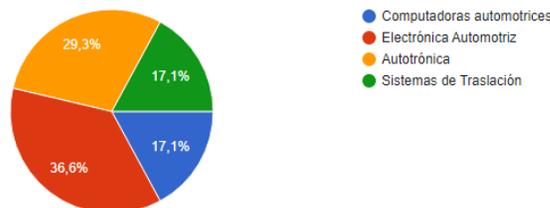
Figura 84.
Resultados de la Encuesta Realizada de la Práctica 2



Nota. Realizada a través del software Microsoft Excel.

En los resultados de la pregunta 10 figura 85, en la que los estudiantes deben manifestar en que asignaturas contribuyen a su formación estas guías prácticas, se destaca “Electrónica Automotriz” con un 36,6% sobre las demás materias.

Figura 85.
Resultados de la Pregunta Número 10 de la Práctica 2



Nota. Resultados de la pregunta 10, Autor.

6.5 Estrategias para mejorar los indicadores que han sido evaluados desfavorablemente

En la pregunta 2 que se refiere a si las guías prácticas son claras y fáciles de desarrollar, los estudiantes encuestados supieron manifestar, que no tenían bien claro en donde colocar los resultados de cada actividad propuesta en las guías prácticas.

- Para dar solución a este inconveniente, al final de cada actividad se colocó un enunciado, en el cual se especifica el apartado en donde se va a colocar la información.
- Además, en el apartado de resultados se especifica el número de tabla en donde se va a colocar lo requerido por cada actividad. Esto va a facilitar y guiar a los estudiantes a tener claro el lugar en el cual ubicarlos, y facilitar el desarrollo de la práctica.

En lo que respecta a la pregunta 7 concerniente a la dificultad de ejecución de la práctica, se indagó con los estudiantes cuales han sido los puntos en los cuales se han encontrado mayor dificultad de comprensión, entre los destacados fue el déficit de imágenes que permitan comprender el manejo del software, así como también la falta de instrucciones que facilite la correcta comprensión y ejecución de las guías prácticas.

- Para solucionar este problema se ha procedido a implementar una mayor cantidad de gráficos, de igual forma se aumentó el número de instrucciones de tal manera que se facilite el manejo del software, y mejore la comprensión de las guías prácticas para su desarrollo.

6.6 Costos

En la tabla 11 se puede observar un resumen de los costos generalizados de los materiales y mano de obra empleada para la construcción del banco de dirección electrónica EPS. Para la

estimación de algunos nos hemos basado en datos presentes en plataformas como el ministerio de trabajo en conjunto con el Frente unitario de trabajadores, sobre todo en lo que es la estimación del salario sobre la mano de obra y de ingeniería.

Tabla 11.

Costos generalizados de los materiales.

Elemento	Cantidad	Costo
Tubo estructural cuadrado (Acero al carbono) 40x40x2 y 20x20x2	3-1	70\$
Plancha de Acero negro	1	15\$
Panel didáctico (vinil)	1	40\$
Pintura	1	40\$
Mano de obra	1	300\$
Ingeniería	1	460\$
Modulo EPS	1	600\$
Llantas	2	100\$
Amortiguadores	2	80\$
Conjunto de dirección	1	100\$
Volante	1	40\$
Circuito y cableado		70\$
Resortes	2	40\$
Total		1955\$

Nota. Resumen de los gastos efectuados en la realización de banco didáctico de dirección EPS.

7. Discusión

Este proyecto muestra el diseño y construcción de un banco de dirección electrónica EPS, llegando a obtener una estructura segura que cumpla con los estándares de calidad requeridos, este banco se encuentra completado con el sistema de suspensión, haciéndolo agradable a la vista, mientras que su funcionamiento, se basa en la programación en un software, que emulara las señales requeridas y las enviara a través de red CAN hacia el módulo de control electrónico, para su asistencia. A través de las guías prácticas propuestas los estudiantes podrán realizar diferentes comprobaciones que permita complementar sus conocimientos.

En proyectos como el de (Matailo Urgilez & Quezada Guamán, 2024), no se evidencian análisis estructurales de ningún tipo, ni tampoco se especifica el tipo de soldadura empleada, por lo que este banco podría presentar deformaciones o en su defecto rupturas, ocasionadas por el peso de los componentes. Para solventar cualquier tipo de defecto estructural que pudiera llegar a presentarse, se realizó un análisis de elementos finitos en la estructura, un análisis del material ideal y una simulación para determinar la resistencia de la estructura, en donde a través del software ANSYS, se determinó que el esfuerzo máximo de diseño es de 85794.1 Pa, obteniendo así un factor de seguridad de 3.08, bajo la presencia de las cargas estimadas. Además, se trabajó con suelda por arco eléctrico con electrodo E6011, debido a que es un método más sencillo, de menor costo y se realiza en base a las normativas ASW y ASTM A36 para la soldadura.

El trabajo de (Matailo y Quezada), no posee ningún tipo de información que guie al estudiante, tampoco cuenta con un espacio para colocar la batería, así como también para la computadora que son elementos importantes para su funcionamiento. Debido a la importancia de

los espacios, y con el propósito de evitar derrames de ácido o golpes por caídas de objetos, se diseñó una sección de información para el estudiante, además de los espacios respectivos para la colocación de la computadora, espacio para la batería, así como también una base en la que va montada el circuito para comunicación CAN entre el módulo y la computadora.

En el proyecto de (Herrera Vivanco & Criollo Cabrera, 2013), presentan la adaptación de un freno mecánico montado conjuntamente con su mordaza y soporte, realizándole una adaptación de manera que se acople en el tirante de la cremallera, esto con el fin de que se provoque una fricción que simule el peso del vehículo así como también el contacto de las ruedas con el suelo, permitiendo diferenciar el esfuerzo en el volante cuando exista o no asistencia en el sistema. Para conseguir el mismo efecto se optó por la colocación de resortes de alta resistencia para simular dicha fricción, logrando conseguir una reducción de precios, así como también la disminución del peso del banco.

En el trabajo de (Quituzaca Pineda, 2023), se realiza el análisis estructural con un material de acero al carbono el cual obtuvo un coeficiente de seguridad de 4,01. De la misma forma el trabajo de (Merino Rojas, 2023), en su análisis estructural con un material de acero al carbono, obtiene un coeficiente de seguridad cercano a 2,9816. El análisis de estos trabajos permite realizar una estructura con el material de acero al carbono que, al realizar el análisis estructural, obtenemos un valor aceptable y seguro para la estructura con un valor de 3,08.

Autor	Material	Coeficiente de seguridad
Quituzaca Pineda	Acero al carbono	4,01
Merino Rojas	Acero al carbono	2,9816
Chamba Calderón	Acero al carbono	3,08

Finalmente (Herrera Vivanco & Criollo Cabrera, 2013), en su trabajo, generan una placa electrónica que simula las señales de los sensores del vehículo, esto encárese su banco, así como dificulta la intervención en el sistema para mantenimiento o reparación en el caso de que llegue a generarse una falla quedando el banco obsoleto. Por otro lado, la solución que se ha planteado para la generación de las señales que le llegarán a nuestro modulo electrónico es a través de una placa de microprocesadores de código abierto “Arduino UNO” y un módulo CAN Bus MCP 2515, basados en principios de software y hardware fáciles de usar y fáciles de reemplazar en caso de fallo.

La empresa FXB CO.,LTD . ubicada en la ciudad de Shenzhen China, se enfoca en el desarrollo de recursos educativos de software y hardware y servicios de enseñanza educativa. Esta empresa dispone de un Banco de dirección eléctrica EPS. Mismo que de la mano de la empresa Alibaba puede llegar a tener un valor de 4.655\$, sin contar gastos adicionales de envío. El banco cuenta con dimensiones de 1700 mm x 1200 mm x 1800 mm (largo x ancho x alto). Existe gran diferencia en relación de dimensiones como de precios, ya que este proyecto se lo realizó con componentes de segunda mano abaratando costos además de tener dimensiones de 2000 x 1000 x 1770 mm (largo x ancho x alto), por lo que el valor total oscila los 2000\$.

	Dimensiones en mm (largo, ancho, alto)	País	Costo
Empresa China	1700 x 1200 x 1800	China	4.655\$
Chamba Calderón	2000 x 1000 x 1770	Ecuador	2000\$

8. Conclusiones

- Para establecer la comunicación con la red CAN del vehículo original, se construyó una interfaz, a través del software CAN Hacker permitiendo la obtención de los datos en vivo, para luego determinar los IDs requeridos por el módulo de control electrónico y posteriormente enviarlos a través de red CAN por medio de una programación realizada en el software ARDUINO UNO con juntamente con MCP 2515.
- El banco se construyó bajo parámetros de ergonomía establecidos, considerando el percentil 5 femenino, consiguiendo ser manipulado por el 95% de la población latinoamericana. Además, se llevaron a cabo análisis estructurales para lo cual, el perfil de 40x40x2 milímetros resulta ser el más idóneo, ya que presenta un factor de seguridad de 3.08, siendo el más óptimo en términos a seguridad y coste.
- Se realizaron guías prácticas con el propósito de complementar la enseñanza teórica con la práctica impartida por los docentes, en las materias de computadoras automotrices, electrónica automotriz, autotrónica y sistemas de traslación, en la que los estudiantes puedan alcanzar los resultados de aprendizaje. Además, se realizó el manual de uso, funcionamiento y mantenimiento, con el propósito de prolongar la vida útil del banco y prevenir accidentes durante su manipulación, siendo los más propensos acorde a las encuestas realizadas, golpes, atrapamientos o mal uso del banco.
- Para la construcción de la estructura se seleccionó a través de un análisis AHP, el acero al carbono por sus destacadas cualidades mecánicas, como una densidad de $7,850 \cdot 10^3$ una capacidad de soldadura y de corrosión de 7 (en escala de 1-10) y por el valor accesible de 1,50 USD/kg. De igual forma, para la construcción fueron consideradas las normas AWS y

la ASTM A36, las cuales proporcionan directrices para la aplicación de soldadura de materiales de acero al carbono estructural.

- La programación en el software se la ejecuto por medio de Arduino ya que es un software de acceso abierto, con una gran cantidad de librerías que facilitan la comunicación e integración de diferentes módulos como el Arduino uno y red can MCP 2515, además es accesible y con buena disponibilidad.
- Finalmente se desarrollaron unas encuestas de satisfacción acerca del banco didáctico, así como también de las guías prácticas. Los resultados muestran satisfacción por parte de la mayoría de estudiantes. En la encuesta sobre el banco, la pregunta 9 que se notó inconformidad, misma que cuestiona sobre el montaje y desmontaje de los componentes el 16,7% dice que es complejo, el 50% manifiesta que no es complejo mientras que el 33,3% dice que hay una complejidad media. La pregunta 7 de las guías prácticas quien cuestiona sobre la complejidad de la guía práctica indican 12,3% están difíciles, el 82,7% manifiestan que están a nivel medio de complejidad, mientras que el 5% establecen que las guías practicas están fáciles. Por lo que se establecieron unas estrategias para mejorar estos porcentajes y que las guías practicas sean fáciles de entender y de ejecutar.

9. Recomendaciones

1. Para facilitar la identificación el ID que comanda las RPM del motor y el ID de velocidad se obtuvo información en tiempo real de los datos de la red CAN del vehículo, a diferentes velocidades y rpm del motor. Esto con la finalidad de trabajar en el software Excel con cada uno de los ID hasta encontrar el indicado y poder compararlo con el resto de información y verificar que estas coincidan para llegar a tener la cereza que es el ID requerido.
2. Al trabajar en el software Excel, es conveniente filtrar la celda en la que están ubicados los ID, esto va a facilitar la búsqueda, así como también permite ir descartando ID que no proporcionan ningún tipo de información, descartándolo rápidamente y disminuyendo el tiempo de trabajo.
3. Para simular el contacto que existe entre el neumático y la calzada al momento de realizar un giro se procedió a incorporar resortes anclados en la estructura y la mangueta, esto permitió generar una oposición al giro de la dirección, para obtener mayor resistencia y generar mayor asistencia por parte del motor eléctrico se puede proceder a incorporar otro tipo de resorte con mayor constante elástica de resorte K , sin embargo se debe realizar un estudio también de los puntos de anclaje del resorte.
4. Se instaló y programó dos potenciómetros y una pantalla LCD, para variar las revoluciones por minuto del motor y la velocidad, por lo que al realizar una variación de velocidad se verá reflejado en la pantalla y se va a notar la asistencia en el volante, haciendo de esta forma que el banco sea más didáctico y comprensible para los estudiantes.

5. Como trabajos futuros, al contar con una estructura sólida capaz de resistir mayor peso del que ya posee, se puede incorporar un probador de suspensión en la parte inferior de las ruedas, de esta forma se conseguiría un banco múltiple de dirección asistida eléctricamente y de suspensión. De igual forma para mejorar la apariencia estética del banco se podría incorporar un panel de instrumentos, que muestre más información en tiempo real a los estudiantes.
6. Puede considerarse la creación de nuevas guías prácticas, o en su defecto modificar las ya existentes a fin de mejorar la calidad de enseñanza aprendizaje para los estudiantes.

10. Bibliografía

Andino, J. F. A. (s. f.). Utilización de Plataformas de Hardware Libre y Computadores de Placa Única para la Intrusión no Autorizada a Redes y Equipos.

Arduino. (s. f.). Recuperado 31 de julio de 2024, de <https://www.arduino.cc/>

Arévalo Calderón, F. E., & Ortega Ulloa, A. G. (2016). Desarrollo de una interfaz para la visualización y adquisición de datos provenientes de la ECU a través de OBD-II mediante un dispositivo de comunicación serial y del analizador de gases QROTECH 6000 [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12029>

autoreparacionessanchez. (2022, junio 18). Columna de dirección Hyundai i30. Reparaciones Sánchez. <https://autoreparacionessanchez.es/columna-de-direccion-hyundai-i30/>

Calva Cuenca, J. (2010a). Diseño e implementación de protocolo CAN para el control de un módulo de red de sensores [bachelorThesis, QUITO/EPN/2010]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2055>

Calva Cuenca, J. (2010b). Diseño e implementación de protocolo CAN para el control de un módulo de red de sensores [bachelorThesis, QUITO/EPN/2010]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2055>

Castaño, S. (2019, junio 15). ▷ Comunicación Serial con Arduino—[Julio, 2024]. Control Automático Educación. <https://controlautomaticoeducacion.com/arduino/comunicacion-serial-con-arduino/>

Condori Cute, O. F. (2015). Evaluación y comparación del sistema de dirección asistida hidráulica y eléctricamente, mediante un simulador didáctico eps [Thesis]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/11509>

Dmitry. (2024). Autowp/can-usb [Arduino]. <https://github.com/autowp/can-usb> (Obra original publicada en 2015)

Domínguez, E. J., & Ferrer, J. (s. f.). Circuitos de fluidos: Suspensión y dirección. 409.

Dspace de la Universidad del Azuay: Estudio para simular una Red CAN con aplicación en comunicación de dispositivos electrónicos en el automóvil. (s. f.). Recuperado 25 de julio de 2024, de <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/2214>

Hasan, M. S., & Anwar, S. (2008). Sliding Mode Observer Based Predictive Fault Diagnosis of a Steer-By-Wire System. IFAC Proceedings Volumes, 41(2), 8534-8539. <https://doi.org/10.3182/20080706-5-KR-1001.01443>

Herrera Vivanco, L. E., & Criollo Cabrera, C. A. (2013). Diseño y construcción de un banco didáctico funcional del sistema de electro dirección asistida [bachelorThesis, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/2209>

Lozano, R. (2021). Tutorial modulo CAN MCP2515 arduino. Talos Electronics. <https://www.taloselectronics.com/blogs/tutoriales/modulo-can-mcp2515>

Matailo Urgilez, A. D., & Quezada Guamán, B. A. (2024). Elaboración de un banco didáctico funcional de un sistema de dirección asistido electricamente [bachelorThesis, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/14605>

MAZA, W. (2014). Ficha Técnica de La Hyundai Tucson 2014 | Descargar gratis PDF | Tracción en las cuatro ruedas | Airbag. Scribd. <https://es.scribd.com/document/363216901/tucson-pdf>

Merino Rojas, J. M. (2023). Diseño e implementación de un banco de pruebas para construcción y estudios de circuitos neumáticos [bachelorThesis, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/28320>

Morales, C. A. C. (s. f.). PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA.

Mott, R. L. (1996). Mecánica de fluidos aplicada. Pearson Educación.

Noroña, M., & Gómez, M. (2019). Desarrollo e innovación de los sistemas mecatrónicos en un automóvil: Una revisión. Enfoque UTE, 10(1), 117-127. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n1.350>

NTP 242: Ergonomía: Análisis ergonómico de los espacios de trabajo en oficinas. (s. f.).

Obando, K. D. S., Yaselga, E., & Guevara, M. (2022). El sistema de dirección y el papel que desarrolla en los vehículos. Polo del Conocimiento, 7(11), Article 11. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i11.4897>

OBD-II PID. (2021). En Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=OBD-II_PID&oldid=132211434

Paredes Silva, H. J., & Robles Moran, P. M. (2021). Evaluación y control de riesgos disergonómicos, para incrementar la productividad en un centro de acopio y enfriamiento de arándanos, Chao 2021. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/80969>

Pérez Barreto, J. (2019). Diseño de una red basada en el bus CAN para la adquisición de datos. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/14532>

Qué es el CAN-FD y DoIP y Cómo trabajar con estos protocolos. (2022, junio 23). <https://www.launchiberica.com/que-es-can-fd-y-dopi-como-trabajar-con-protocolos/>

Quituzaca Pineda, C. A. (2023). Diseño y construcción de un banco didáctico del sistema de frenos neumáticos [bachelorThesis, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/27477>

Requena, A. M. (s. f.). Introducción a CAN bus: Descripción, ejemplos y aplicaciones de tiempo real.

Rojas Armijos, C. R., & Jaramillo Vásquez, J. J. (2012). Mejora de la Eficiencia de los sistemas de dirección y frenos del vehículo Toyota 1000 año 1977 [bachelorThesis, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/1425>

Saracoglu, M., & Uzun, S. (2020). Stability analysis of columns with variable cross-sections. *Journal of Structural Engineering & Applied Mechanics*, 3, 169-179. <https://doi.org/10.31462/jseam.2020.03169179>

Soderby, K. (s. f.). Getting Started with Arduino | Arduino Documentation. Recuperado 31 de julio de 2024, de <https://docs.arduino.cc/learn/starting-guide/getting-started-arduino/>

Software. (s. f.). Recuperado 31 de julio de 2024, de <https://www.arduino.cc/en/software>

Tucson—Dirección asistida—Sistema de la dirección. (2019). https://www.krio.es.com/direccig_n_asistida-513.html

Villamar Aguirre, I. D. (2008). Estudio y Análisis de los Sistemas de Diagnóstico en los automóviles modernos, Sistemas OBD [bachelorThesis, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/208>

11. Anexos



Anexo 1. Manual de usuario y mantenimiento

- Introducción
- Seguridad
- Instrucciones de seguridad
- Medidas preventivas asociadas a los riesgos
- Especificaciones técnicas
- Distribución
- Instalación y puesta en servicio
- Operación
- Esquema eléctrico
- Mantenimiento



Introducción

Este documento contiene detalles sobre medidas de seguridad para prevenir manipulaciones erróneas que puedan representar riesgos, así como especificaciones técnicas y pasos para la puesta en marcha. Siguiendo las indicaciones del manual, se va a asegurar que el banco funcione a su máximo rendimiento y sea fácil de manejar para los usuarios. Asegúrese de leer detenidamente todas las instrucciones antes de utilizar el equipo.

Seguridad

Simbología y definición.

De acuerdo con la normativa NTE INEN-ISO 3864-1 (2023), es imperativo utilizar símbolos para indicar los elementos de seguridad presentes en el banco como es el botón de parada de emergencia, con el fin de prevenir situaciones de riesgo durante su manejo. Por consiguiente, la tabla 1 detalla las medidas de seguridad que los usuarios deben seguir para garantizar un uso adecuado del banco.

Tabla 1

Medidas de seguridad

Tipo de seguridad	Símbolo	Contexto
No tocar	 A circular red prohibition sign with a black silhouette of a hand touching a surface, crossed out by a red diagonal line.	Prohibido tocar cuando los elementos se encuentren en funcionamiento.
Uso obligatorio de bata	 A circular blue sign with a white silhouette of a lab coat.	Necesaria para proporcionar protección al operario.

Uso de guantes



Necesario para evitar lesiones en el operario.

Uso de gafas



Necesaria para evitar lesiones visuales.

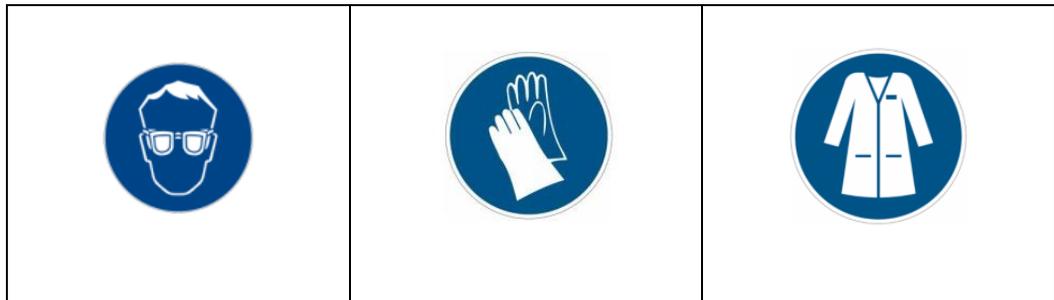
Instrucciones de seguridad

A continuación, se enumeran los requisitos obligatorios para utilizar el banco didáctico, así como medidas preventivas para evitar posibles situaciones de riesgo durante su operación.

- Portar con los equipos de protección personal antes de iniciar cualquier operación en el banco didáctico, como se ve en la figura 1.

Figura 1

Equipos de protección personal.



- En caso de existir cualquier imprevisto en el sistema como: shock eléctrico, incendio, etc. Pulsar inmediatamente el botón parada de emergencia que se ve en la figura 2, para cortar el suministro de energía.

Figura 2.

Botón de parada de emergencia.



- Evitar el contacto físico con los conectores de la batería.

Medidas preventivas asociadas a los riesgos.

En la tabla 2, se presentan los posibles riesgos que se pueden presentar en la manipulación del banco, además se visualiza el factor de riesgo, así como también las respectivas medidas preventivas.

Tabla 2

Medidas preventivas.

Riesgo	Factor de riesgo	Medidas preventivas
Contactos eléctricos directos	Contacto con la parte activa de la instalación	Aislamiento eléctrico de todos los cables, aislamiento de las partes activas, utilizar herramienta aislante.
Exposición a químicos	Contacto con ácido de la batería.	Manipular la batería con guantes, tener cuidado de no derramar el ácido que contiene la batería.

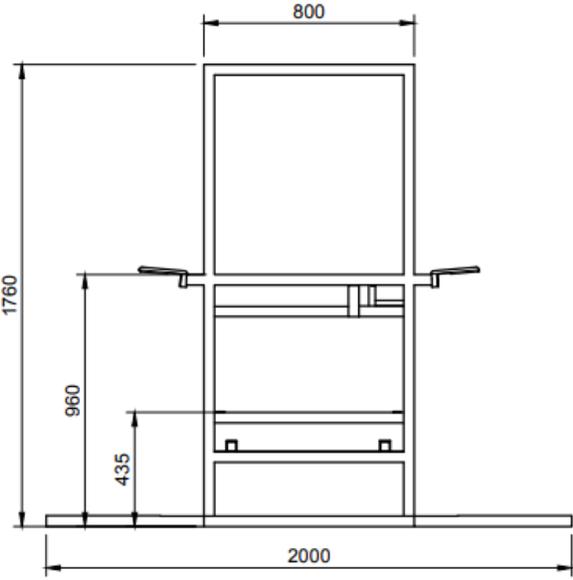
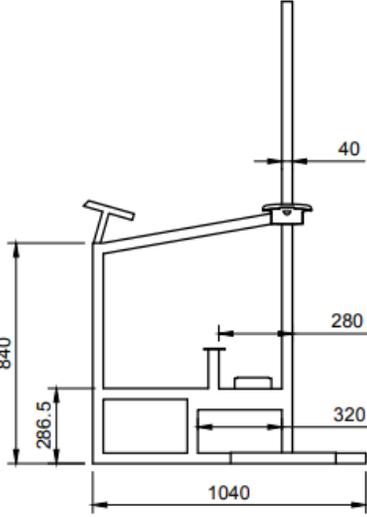
Especificaciones técnicas

Dimensiones del Banco de Dirección Electrónica EPS

A continuación, en la tabla 3 se presentan las dimensiones del banco, las mismas que vienen expresadas en milímetros.

Tabla 3

Dimensiones del Banco.

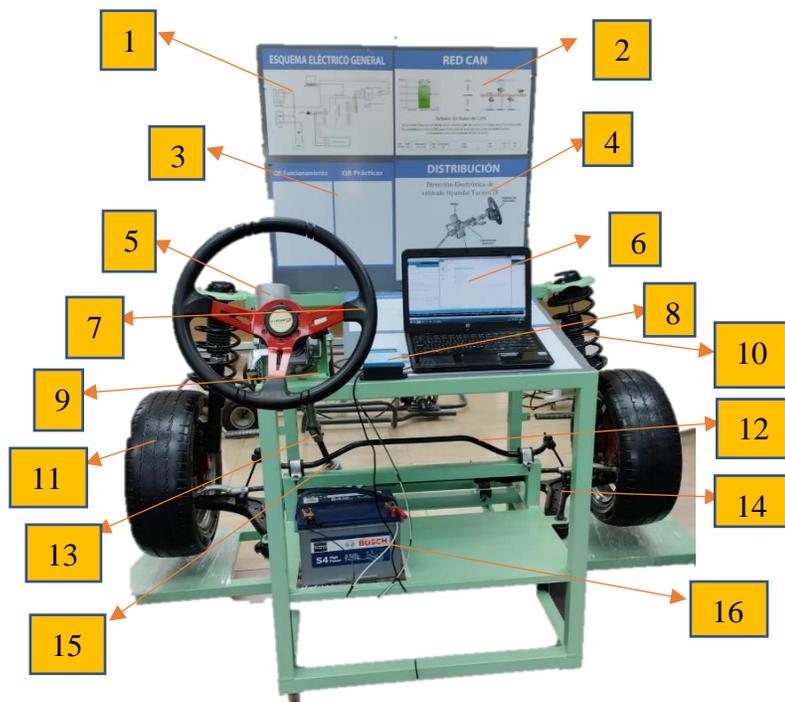
Dimensiones del Banco de Dirección Electrónica EPS	
Vista posterior	Vista lateral
	

Distribución

En la siguiente figura 2 se puede observar la distribución del banco, con todos los componentes que lo conforman.

Figura 2

Distribución del banco didáctico de dirección EPS.



1. Esquema eléctrico general
2. RED CAN
3. QR Funcionamiento y QR de prácticas
4. Distribución
5. Módulo EPS
6. Computadora
7. Volante
8. Circuito Arduino-MCP2515
9. Pulsador de emergencia
10. Suspensión
11. Conjunto llanta neumático
12. Barra estabilizadora
13. Columna de dirección
14. Trapecio
15. Cremallera
16. Batería

Instalación y puesta en servicio

Transporte

Para movilizar el banco didáctico de un lugar a otro de manera segura, es recomendable comenzar desconectando y retirando la batería para prevenir derrames de ácido.

Además, se puede desmontar el módulo de control electrónico para evitar cualquier daño durante el traslado. Dado que el banco tiene ruedas en la parte inferior para facilitar su movimiento, si es necesario transportarlo en un vehículo, es importante bloquear las ruedas y asegurarlo con una cuerda para evitar desplazamientos y posibles impactos.

Requisitos ambientales

- Evitar ubicar el banco didáctico en lugares donde exista humedad.
- El banco no debe estar cerca de otros equipos que pudiesen interrumpir su funcionamiento.
- El banco no debe de estar cerca de lugares donde se produzcan cualquier tipo de chispas o en su defecto, donde exista demasiado calor.
- El banco didáctico debe ser colocado junto a una pared, y se debe poner los seguros de las ruedas para evitar su desplazamiento.
- El lugar donde vaya estar ubicado el banco debe contar con un extintor de fuego.
- Debe existir una ventilación apropiada en el lugar donde vaya a permanecer el banco didáctico.

Puesta en servicio

- Comprobar que ningún objeto interfiera en los componentes del banco, así como también en las conexiones del sistema y las de la batería.

- Comprobar el estado de la fuente de alimentación (batería 12V), de no contar con la tensión necesaria, se deberá realizar el respectivo mantenimiento o reemplazo de la fuente.
- Una vez revisadas las conexiones, verificar que el botón de parada de emergencia no se encuentre accionado, esto para garantizar el paso de corriente.
- Se debe realizar la conexión del computador, con la información previamente cargada en software de Arduino, lista para que se vea reflejada la asistencia del módulo en la dirección.

Operación

A través de este Banco de Dirección Electrónica se pueden realizar ciertas comprobaciones, las mismas que vienen planteadas en forma de prácticas, para acceder a las mismas se debe escanear el código QR que se muestra a continuación en la figura 3.

Figura 3

Código QR donde se encuentran las guías prácticas.



Diagrama de Guías prácticas

A continuación, la figura 4 describe la distribución de las guías prácticas a desarrollarse en el banco de dirección electrónica EPS. En donde los estudiantes podrán alcanzar los resultados de aprendizaje como lo establece: Identifica y explica los componentes y sectores fuente,

procesamiento y potencia de los módulos de control electrónico para establecer su rol como parte fundamental de la operación del vehículo con actitud participativa.

Los estudiantes van a lograr fortalecer conocimientos referentes al sistema de dirección asistida eléctricamente, así como también podrán ampliar conocimientos sobre computadoras automotrices y los sistemas de traslación.

Figura 4

Distribución de las guías prácticas.

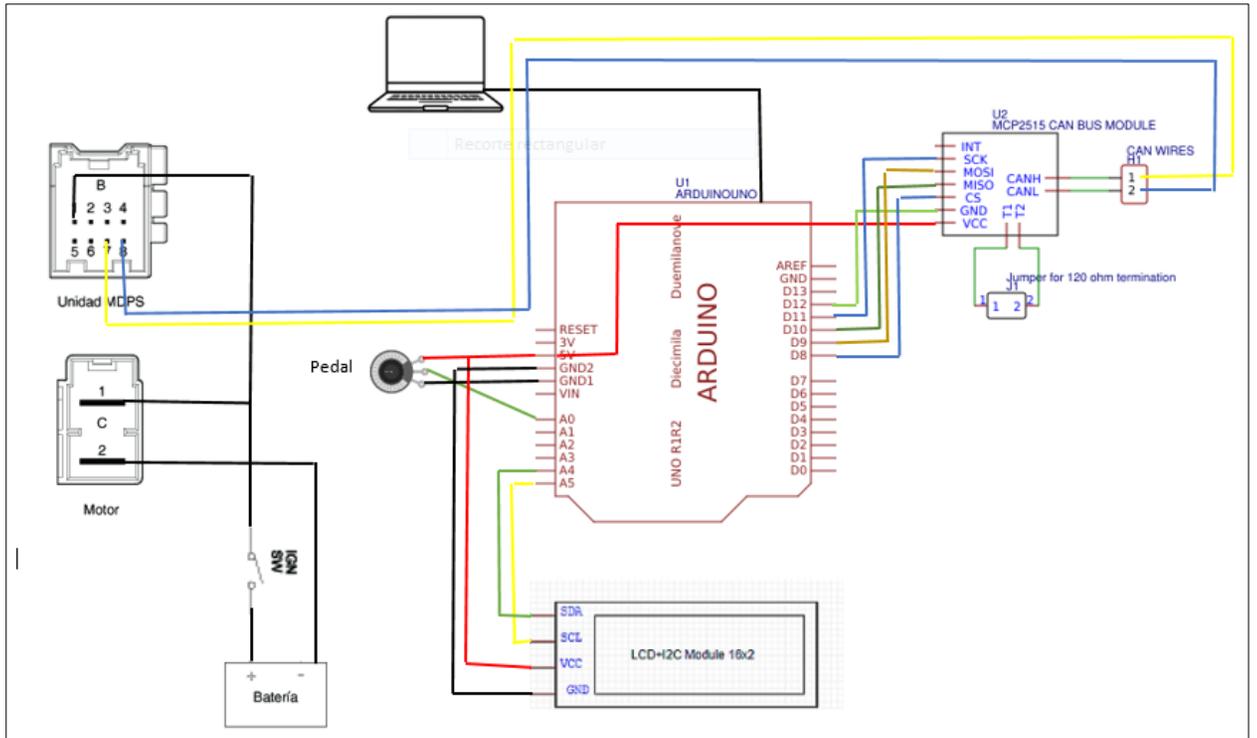


Esquema eléctrico

En la figura 5, se puede evidenciar el diagrama eléctrico general del sistema presente en el Banco de dirección electrónica EPS, y cuenta con información detallada de todas las conexiones realizadas en el proyecto.

Figura 5

Diagrama eléctrico general.



MANTENIMIENTO

Mantenimiento preventivo

Es importante seguir las siguientes instrucciones para realizar un correcto mantenimiento preventivo del banco didáctico, útiles para su correcto funcionamiento, así como también para alargar la vida útil de sus componentes.

- Limpiar la superficie del banco y sus componentes.
- Revisar la tensión de la batería antes de cada práctica, de no contar con la tensión adecuada se deberá cargar la misma, siguiendo las indicaciones del fabricante.
- Debido a que el banco permanecerá inactivo por cierta cantidad de tiempo, los bornes de la batería deberán permanecer desconectados.

- Se debe desmontar la batería del banco didáctico, para evitar que esta se descargue.
- Realizar lubricación de los elementos móviles del banco.

Averías del Banco de Dirección Electrónica

Las averías que pudiesen presentarse en el banco se detallan a continuación, es importante conocerlas para evitar daños más graves en el sistema por la falta de conocimiento:

- Fallas en la comunicación con Arduino.

Para esto se debe proceder a revisar la parte del cableado, ya que puede existir alguna falta de contacto entre los circuitos.

- Software no funciona.

Significa que el software no está transmitiendo la información necesaria para proporcionar asistencia al sistema, se puede cerrar y volver a entrar al sistema o de ser el caso, reiniciar el equipo.

Fallas comunes

- Dirección electrónica dura.
- Ruido en la dirección eléctrica.
- EPS se bloquea.

Para solventar estas fallas más comunes de forma general, se recomienda principalmente revisar el porcentaje de carga de la batería, así como también chequear las conexiones de todo el sistema y verificar que el software este trabajando correctamente.

Puesta en funcionamiento del Banco de Dirección Electrónica EPS.

Para que el Banco de Dirección Electrónica EPS funcione correctamente se deberá seguir los siguientes pasos:

1. Revisar que todas las conexiones se encuentren en posición, como lo indica el circuito principal.
2. Descargar el software Arduino en su versión 1.8.19 de (<https://www.arduino.cc/en/software>)
3. Descargar las Librerías que se encuentran en el QR de la figura 6.

Figura 6

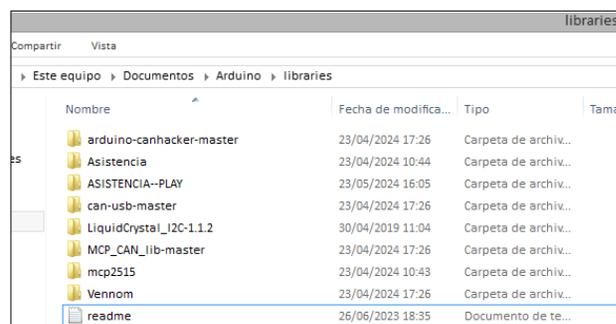
QR de las librerías de Arduino



4. Una vez descargado lo anteriormente mencionado, se deberá colocar las librerías dentro de la carpeta de Arduino, como se ve en la figura 7.

Figura 7

Colocación de las librerías en la carpeta de Arduino.



5. A continuación, se va a ejecutar la carpeta (**ASISTENCIA—PLAY**).
6. Una vez dentro del software Arduino, lo que corresponde es verificar la información, y luego de unos segundos, subir la información, como se ve a continuación en la figura 8.

Figura 8

Opciones para verificar y subir la información.



7. Debido a que la información ya se encuentra previamente cargada en el software Arduino, incluida la programación para el pedal y para la pantalla LCD, la asistencia será de forma inmediata, según como se modifique el régimen de velocidad para lectura del módulo, y posterior reflejar la asistencia necesaria en la dirección.



Anexo 2. Guías de aprendizaje para el estudiante

- **Identificación del PID y envío de datos.**
- **Obtención de la señal Can High y Can Low de la unidad de control EPS, así como las señales del motor eléctrico.**



Práctica 1

ASIGNATURA	
CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	
LUGAR DE EJECUCIÓN	
FECHA DE EJECUCIÓN	
FECHA DE ENTREGA	
TIEMPO PLANIFICADO EN EL SÍLABO:	
TIEMPO DE PRÁCTICA POR GRUPO DE ESTUDIANTES:	
NÚMERO DE ESTUDIANTES POR GRUPO:	
DOCENTE DE LA ASIGNATURA	
RESPONSABLE DE LABORATORIO	

1. Tema:

Identificación del PID (Controlador proporcional, Integral y Derivativo), y envío de datos.

2. Objetivos:

- Identificar los PID usado por la red Can para definir la asistencia que debe dar la unidad de control electrónica a la dirección asistida.
- Interpretar la información que contiene los bits de cada PID.
- Enviar los bits a través de la Red CAN para obtener diferentes grados de asistencia.

3. Resultados de aprendizaje

Identifica y explica los componentes y sectores fuente, procesamiento y potencia de los módulos de control electrónico para establecer su rol como parte fundamental de la operación del vehículo con actitud participativa.

4. Materiales y reactivos

- Banco de Dirección Electrónica EPS.
- Guía práctica.
- Computadora.

5. Equipos y herramientas

Equipos/ protección	Herramientas
<ul style="list-style-type: none"> • Mandil 	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora • Banco didáctico

6. Instrucciones

Las siguientes instrucciones están contempladas en el normativo para uso del laboratorio de mecánica automotriz.

- Colocar las mochilas en los casilleros
- Prohibido consumo de alimentos
- Prohibido equipo de diversión, celulares etc.
- Prohibido jugar
- Prohibido mover o intercambiar los equipos de los bancos de trabajo.
- Prohibido sacar los equipos del laboratorio sin autorización.
- Ubicar los equipos y accesorios en el lugar dispuesto por el responsable del laboratorio, luego de terminar las prácticas.
- Uso adecuado de equipos.
- Uso obligatorio del mandil u overol.
- Utilizar equipos de protección personal para evitar accidentes.
- Al finalizar la práctica, limpiar y ordenar la zona de trabajo.

7. Marco teórico

A desarrollar por el estudiante. Utilice fuentes de consulta que sean confiables, tales como: libros, tesis, artículos, revistas; utilice gráficos o esquemas, todo dato obtenido debe estar referenciado utilizando la norma APA7.

Indague y recate la información más relevante sobre:

- Dirección electrónica.
- Red CAN.
- Comandos básicos de Arduino.

8. Actividades a desarrollar

ACTIVIDAD 1: Identificación del PID de RPM y de velocidad.

- **Instrucciones:**

Descargue la base de datos obtenidos de la red CAN del vehículo Hyundai Tucson Ix, para esto diríjase a la sección de códigos QR, en donde encontrara el de la base de datos.

- **Procedimiento:**

En la figura 1, que se muestra a continuación se aprecia el formato en el que se debe distribuir la información de la base de datos:

Figura 1

Formato de la información de la base de datos del vehículo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	TIEMPO	ID	DLC	Data 6	Data 7	Data	Data 1	Data 4	Data 3	Data 2	Data 1
2	1,464	139	8	0	70	64	0	0	0	0	0
3	1,465	271	8	44	9	81	62	50	3	0	40
4	1,465	387	8	0	0	12	0	0	0	0	0
5	1,469	2EA	8	20	0	20	0	20	0	A0	0
6	1,471	125	8	0	4D	1	E0	60	0	0	0
7	1,473	101	8	0C	67	9	60	96	10	7	80
8	1,474	139	8	0	70	64	0	0	0	0	0
9	1,476	271	8	44	9	81	62	50	3	0	40
10	1,478	3FD	8	0	0	3	38	0	10	20	0
11	1,480	351	8	20	0	3	BF	0	0	0	0
12	1,482	311	8	E0	96	0F	FF	0F	FF	5D	0
13	1,485	387	8	0	0	12	0	0	0	0	0
14	1,487	101	8	0C	67	9	60	96	10	7	80

En la celda (A) tenemos el tiempo de frecuencia, la celda (B) se encuentran todos los ID's de la red CAN, la celda (C) por sus siglas DLC, indica el código de longitud de datos contiene el número de bytes de la transmisión, en este caso indica los 8 códigos siguientes de las celdas: (D, E, F, G, H, I, J, K).

Para obtener la matriz de la figura 1. se procede de la siguiente forma:

1. Debido a que la información procedente de la base de datos se encuentra en una sola celda como se observa en la figura 2a, se procede a separarla como se aprecia en la figura 2b (para ello puede usar la opción de separar datos que se encuentra disponible en Excel). Por el motivo de que se debe usar fórmulas para identificar el PID de velocidad y rpm se requiere que los datos estén separados.

Figura 2

Disposición de la información de la base de datos.

a)

	A		B
30	01,522 351	8 20 00 03 BF 00 00 00 00	
31	01,524 125	8 00 4D 00 E0 BC 00 00 00	
32	01,526 101	8 0C 6E 09 60 96 10 06 D0	
33	01,529 3FD	8 00 00 03 38 00 10 20 00	
34	01,531 125	8 00 4D 00 E0 CB 00 00 00	
35	01,533 2E9	8 20 00 20 00 20 00 A0 00	
36	01,536 101	8 0C 6E 09 60 96 10 06 E0	
37	01,538 271	8 44 09 81 62 50 03 00 40	
38	01,541 125	8 00 4D 01 E0 DB 00 00 00	
39	01,542 311	8 10 96 0F FF 0F FF 6A 00	
40	01,546 3B7	8 00 00 12 00 00 00 00 00	
41	01,547 139	8 00 70 64 00 00 00 00 00	

b)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
11	00,651	18F	1Y	FA	3A	0	0	0	50	0	20	
21	00,690		316		5	24	70	0D	24	08	3	5E
41	00,730		316		5	23	6C	0D	23	0C	3	5E
48	00,744		316	9A	3	7	7	44	20	0	14	
62	00,774		316		0	0	0	0	0	0	0	0
72	00,794		316		5	20	40	0D	20	0C	3	5E
91	00,833		316		0	7	A0	C1				
121	00,893		316		5	1D	2C	0D	1D	0C	3	5E
136	00,921		316		5	1B	2C	0D	1B	0D	4	5E
155	00,960		316	4F	B8	62	90	11	20	0	14	
171	00,993		316		5	19	6C	0D	19	0D	4	5E
180	01,009		316		5	18	70	0D	18	0D	4	5E
186	01,022		316		5	18	70	0D	18	0D	4	5E
221	01,092		316		5	14	90	0D	14	0D	4	5E

2. Para que resulte más rápida y eficaz la búsqueda, será de gran utilidad filtrar la columna (B), que corresponde a los PID`s, como se muestra en la figura 3a. Esto debido a que tenemos diferente tipo de información que viaja a través de la red CAN, por lo que filtrar esta celda va a permitir realizar una búsqueda más ordenada y precisa. En la figura 3b se observa el orden caótico de los datos correspondiente a la información sin filtrado.

Figura 3

Filtrado de las celdas.

a)

	A	B	C	D
1	35,440	1Y	8	20
415	36,325	556	8	C1
557	36,625	556	8	C3
744	37,027	556	8	C6
790	37,126	556	8	C7
883	37,326	556	8	CF
1024	37,627	556	8	D0
1071	37,724	556	8	CD

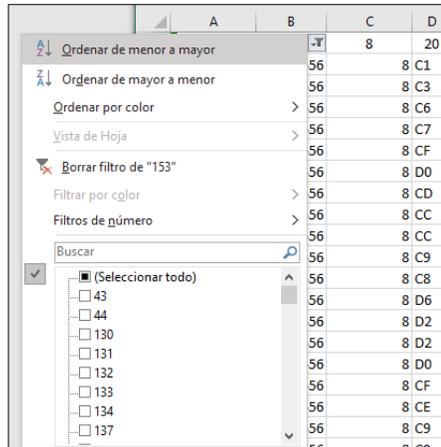
b)

	A	B	C	D
1	35,440	1Y	8	20
2	35,443	130	8	2F
3	35,444	251	8	FA
4	35,447	140	8	0
5	35,449	394	8	0
6	35,452	381	8	80
7	35,453	2B0	5	FF
8	35,455	383	8	5
9	35,457	140	8	E0
10	35,459	220	8	1

Una vez filtrado, resulta mas sencillo el proceso elegir y saltar entre los diferentes PID que podemos encontrar en la data, de esta manera podremos reducir el tiempo de búsqueda como se observa en la figura 4:

Figura 4

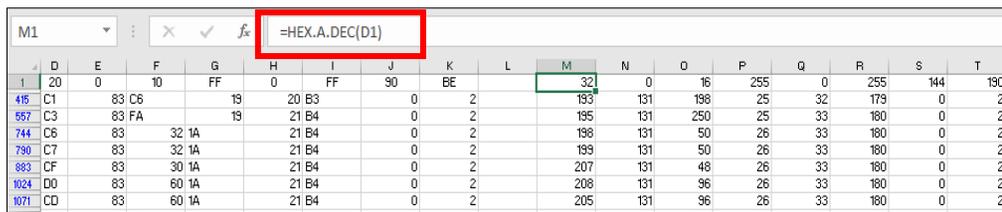
Filtrado de cada ID.



- Una vez separada la información celda por celda y filtrada, se va a proceder a convertir el resto de información presente en la fila de lenguaje hexadecimal a decimal, los datos de interés para realizar la conversión se alojan desde la columna (D) en adelante, para ello se aplicará la fórmula que se ve en la figura 5.

Figura 5

Fórmula para convertir los bits del lenguaje hexadecimal a decimal.



Luego de realizar lo anteriormente prescrito, se procede a la búsqueda del ID que pertenece a la velocidad del vehículo. Para ello nos valemos de las ecuaciones presentes en (https://es.wikipedia.org/wiki/OBD-II_PID), donde se establece que la fórmula que pertenece a la velocidad es (A), lo que da a entender que será directa, es decir que

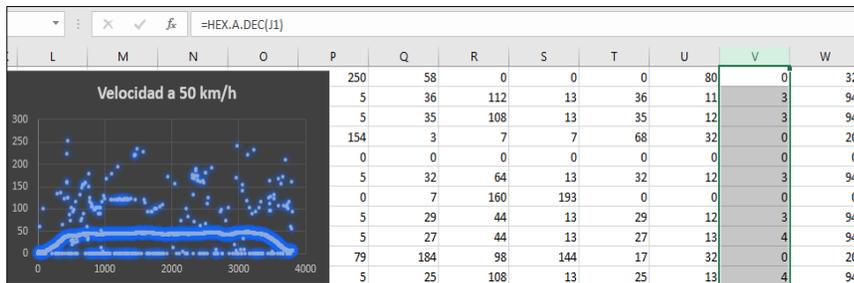
dependiendo de la velocidad con la que se está trabajando, se encontrara de forma directa en la base de datos.

Posterior a ello se procede a graficar una por una cada columna, hasta verificar que se asemeje a la velocidad de prueba en la cual se adquirieron los datos como se muestra en la figura 6. Cabe recalcar que este proceso se debe realizar con cada uno de los ID`s filtrados anteriormente.

Nota: es importante realizar el mismo proceso en al menos tres velocidades diferentes con el mismo ID, esto para comparar y tener una certeza exacta de que el ID es el que se busca.

Figura 6

Gráfica realizada en una columna de un ID, a 50 km/h.

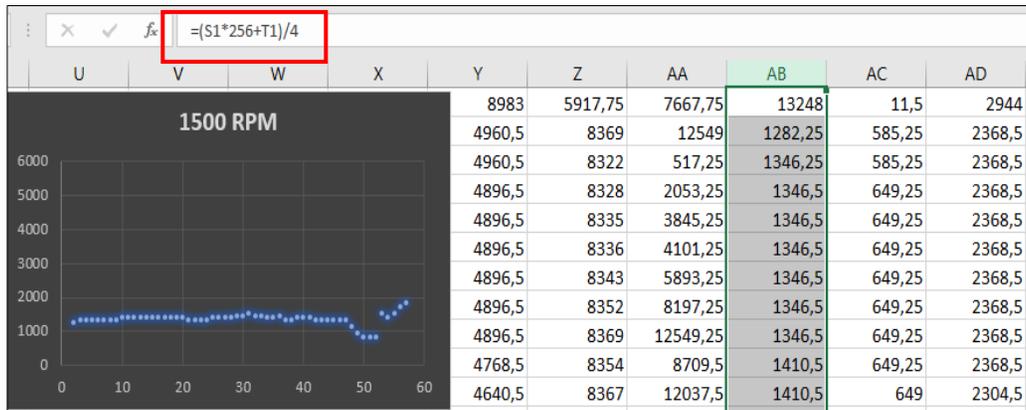


Para determinar el ID que comanda las RPM del motor en (https://es.wikipedia.org/wiki/OBD-II_PID), se encontrara la fórmula que corresponde a $(256A+B) / 4$. Esta fórmula se debe aplicar en celdas en blanco considerando que tanto como (A y B) puede ser cualquiera de las celdas que contiene los datos en forma decimal, esto significa que se debe ir variando celda por celda hasta encontrar la gráfica que señale las RPM con las que realizo la prueba, como se muestra en la figura 7.

Al igual que en el proceso para encontrar el ID de velocidad, una vez identificada, es oportuno realizar el proceso en al menos tres diferentes RPM con el mismo ID, esto para comparar y tener una certeza exacta de que el ID es el indicado.

Figura 7

Gráfica realizada en una columna de un ID, a 1500 rpm.



Nota: puede resultar dificultoso encontrar la gráfica ideal que muestre correctamente las RPM con las que se está trabajando, pero puede ser cuestión de variar el formato de la gráfica.

Las gráficas requeridas, colocar la **tabla 1** del **apartado 9**, correspondiente a la sección de resultados, en las que se debe encontrar las diferentes velocidades (10km/h, 30km/h, 50km/h), de igual forma en la **tabla 2**, para las revoluciones del motor (1500RPM, 2000RPM, 3000RPM).

ACTIVIDAD 2: Envío de los PID.

Una vez reconocidos los ID`s tanto de velocidad como de RPM del motor lo que continua es enviar la trama de datos, para lo cual se deberá descargar los archivos de la programación con la cual se pretende enviar la trama de datos perteneciente al PID hacia la unidad de control electrónico de la dirección asistida, el archivo que permitirá su realización lo encontraran en el siguiente [link](#)

(<https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1QVrd9wc7lhDTdRZBJifbtB3UIDem7aCX>).

Además, al alumno le corresponde descargar el programa de Arduino del siguiente repositorio (<https://www.arduino.cc/en/donate/>). Hecho esto y con las librerías descargadas de

deberá colocar estas en la carpeta de Arduino antes descargada, quedando como se ve en la figura 8.

Figura 8

Librerías necesarias para el envío de la trama de velocidad.

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo
arduino-canhacker-master	29/04/2024 20:17	Carpeta de archiv...
can-usb-master	29/04/2024 20:17	Carpeta de archiv...
MCP_CAN_lib-master	29/04/2024 20:17	Carpeta de archiv...
mcp2515	29/04/2024 20:17	Carpeta de archiv...
solo_velocidad	22/05/2024 15:40	Carpeta de archiv...
Vennom	29/04/2024 20:17	Carpeta de archiv...
readme	26/06/2023 18:35	Documento de te...

Seguido de esto corresponde abrir la carpeta (solo_velocidad), y directamente se puede realizar la modificación de velocidad ubicada en la séptima posición, como se ve en la figura 9.

Figura 9

Punto exacto en donde se va a realizar la variación de velocidad



```
solo_velocidad
#include <mcp_can.h>
#include <SPI.h>

MCP_CAN CAN0(10); // Set CS to pin 10

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  if (CAN0.begin(MCP_ANY, CAN_500KBPS, MCP_8MHZ) == CAN_OK) Serial.println("MCP2515 Initialized Successfully!");
  else Serial.println("Error Initializing MCP2515...");

  CAN0.setMode(MCP_NORMAL);
}

void loop() {

  byte data1[8] = {0x05, 0x12, 0x38, 0x1D, 0x12, 0x11, 0xA, 0x5E};

  byte sendStat = CAN0.sendMsgBuf(0x316, 0, 8, data1);
  if (sendStat == CAN_OK) {
    Serial.println("Message Sent Successfully!");
  } else {
    Serial.println("Error Sending Message...");
  }
}
```

Nota: En la zona resaltada en la figura, se ubica el bit de velocidad en formato hexadecimal.

Como ejemplo en la figura 3, se muestra la captura de velocidad que se encuentra en la séptima posición indicando un valor de 1B hexadecimal que pasando a formato decimal sería 27(km/h). Importante recordar que es esencial el envío de la información en formato hexadecimal al código fuente presente la programación en Arduino

Figura 10

Comparación del lenguaje hexadecimal a decimal.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	29,249	38	8	0	0	0	0	0	0	0	0
6	29,259	316	8	5	77	3C	20	77	0F	1B	5C
12	29,272	316	8	5	77	4C	20	77	0F	1B	5C
26	29,301	316	8	5	77	58	20	77	0F	1B	5C
41	29,331	316	8	5	77	40	20	77	0F	1B	5C
55	29,361	316	8	5	77	30	20	77	0F	1B	5C
60	29,372	316	8	5	77	30	20	77	10	1B	5C
79	29,411	316	8	5	77	30	20	77	0F	1B	5C
89	29,431	316	8	5	77	44	20	77	10	1B	5C
103	29,462	316	8	5	77	60	20	77	10	1B	5C
107	29,470	316	8	5	78	70	20	78	0F	1B	5C

Cada vez que se requiera hacer una variación de velocidad desde la séptima posición como se explica en la figura 9, es necesario realizar en el software los procesos: **verificar los datos// subir los datos** como se ve en la figura 11. Luego de unos segundos el software compilara la programación y lo enviara a la tarjeta Arduino quien se valdrá del módulo MCP 2515 para compartir la información través de la red CAN y obtener la asistencia requerida acorde a la velocidad que se haya cargado.

Figura 11

Opciones de Arduino Verificar//subir.



Una vez cargada la información, se procede a comprobar la asistencia en la dirección. Para ello, en una velocidad relativa de entre 5-80-160 km/h se va a girar la dirección del volante hacia cada uno de los lados tanto izquierda como derecha, y se va a notar que el esfuerzo que se aplica es mínimo. Por lo contrario, al elevar la velocidad se va a sentir más dureza en la dirección, determinando que la asistencia se está efectuando con normalidad. Colocar las modificaciones que

se hicieron al script de Arduino para las diferentes asistencias en la **sección 9**, perteneciente a los resultados en la **tabla 3**.

9. Resultados obtenidos.

A continuación, se deben adjuntar las evidencias requeridas en la **actividad 1**, para ello deberá completar la Tabla 1 y 2 con las gráficas obtenidas a diferentes velocidades una vez que se ha encontrado el PID. Importante que las imágenes sean claras y fáciles de visualizarse a simple vista en las que se pueda denotar el ID al cual pertenecen

Tabla 1

Graficas del ID de velocidades

ID	Velocidad	Gráfica
	10km/h	(Puede variar el tamaño de esta celda para adaptarla a la imagen que haya obtenido durante el análisis de los datos)
	30km/h	
	50km/h	

Tabla 2

Graficas del ID de RPM del motor.

ID	RPM	Gráfica
	1500rpm	(Puede variar el tamaño de esta celda para adaptarla a la imagen que haya obtenido durante el análisis de los datos)
	2000rpm	
	3000rpm	

A continuación, se deben adjuntar las evidencias requeridas en la **actividad 2** para ello deberá completar la Tabla 3 con las capturas obtenidas de la modificación del script de Arduino adaptado para diferentes velocidades. Importante que las imágenes sean claras y fáciles de visualizarse a simple vista.

Tabla 3

Gráficas que muestran la variación de la velocidad en el software Arduino.

velocidad	Gráficas
5km/h	(Puede variar el tamaño de esta celda para adaptarla a la imagen que haya obtenido durante el análisis de los datos)
80km/h	
160km/h	

10. Discusión

A desarrollar por el estudiante. Discuta sobre los resultados obtenidos y actividades desarrolladas, enfatice lo alcanzado en la práctica, así como las deficiencias encontradas.

11. Conclusiones

A desarrollar por el estudiante en función de los objetivos propuestos.

12. Recomendaciones

Citar las recomendaciones pertinentes que haya detectado durante la ejecución de la práctica

13. Preguntas y actividades de control

A desarrollar por el estudiante.

- ¿Los parámetros A/B presentes en las fórmulas de los diferentes PID corresponden a uno o a varios valores que pueden tomar estas variables?
- ¿Por qué las gráficas de velocidad y rpm al obtenerlas poseen puntos aleatorios que no se adaptan a curva de tendencia?
- ¿Qué información se puede encontrar en el un PID y como está estructurada?
- ¿Qué ocurriría si la información de las rpm se enviaría a través del script?

14. Bibliografía (Añada la que crea conveniente a las ya citadas siguiente el formato expuesto. Tomar en cuenta que la bibliografía que cite debe ser de una fuente confiable, de preferencia utilice libros, artículos, revistas, tesis, entre otras)

Andino, J. F. A. (s. f.). Utilización de Plataformas de Hardware Libre y Computadores de Placa

15. Porcentaje de participación de los miembros del grupo (Sírvanse ponderar la participación de todos los integrantes del grupo)

Nombres y Apellidos	Porcentaje de participación

16. Anexos (Añada la información complementaria que crea conveniente)

Práctica 2

ASIGNATURA	
CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	
LUGAR DE EJECUCIÓN	
FECHA DE EJECUCIÓN	
FECHA DE ENTREGA	
TIEMPO PLANIFICADO EN EL SÍLABO:	
TIEMPO DE PRÁCTICA POR GRUPO DE ESTUDIANTES:	
NÚMERO DE ESTUDIANTES POR GRUPO:	
DOCENTE DE LA ASIGNATURA	
RESPONSABLE DE LABORATORIO	

1. Tema:

- Obtención de la señal Can High y Can Low de la unidad de control electrónico EPS, así como las señales del motor eléctrico.

2. Objetivos:

- Obtener la señal Can High y Can Low, bajo diferentes condiciones de trabajo.
- Obtener la señal de alimentación del motor eléctrico, que recibe de la unidad de control electrónico.

3. Resultados de aprendizaje

Identifica y explica los componentes y sectores fuente, procesamiento y potencia de los módulos de control electrónico para establecer su rol como parte fundamental de la operación del vehículo con actitud participativa.

4. Materiales y reactivos

- Computadora.
- Mandil.
- Guía práctica.

5. Equipos y herramientas

Equipos/ protección	Herramientas
<ul style="list-style-type: none"> • Mandil 	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora • Banco didáctico • Osciloscopio

6. Instrucciones

Las siguientes instrucciones están contempladas en el normativo para uso del laboratorio de mecánica automotriz.

- Colocar las mochilas en los casilleros
- Prohibido consumo de alimentos
- Prohibido equipo de diversión, celulares etc.
- Prohibido jugar
- Prohibido mover o intercambiar los equipos de los bancos de trabajo.
- Prohibido sacar los equipos del laboratorio sin autorización.
- Ubicar los equipos y accesorios en el lugar dispuesto por el responsable del laboratorio, luego de terminar las prácticas.
- Uso adecuado de equipos.
- Uso obligatorio del mandil u overol.
- Utilizar equipos de protección personal para evitar accidentes.
- Al finalizar la práctica, limpiar y ordenar la zona de trabajo.

7. Marco teórico

A desarrollar por el estudiante. Utilice fuentes de consulta que sean confiables, tales como: libros, tesis, artículos, revistas; utilice gráficos o esquemas, todo dato obtenido debe estar referenciado utilizando la norma APA7.

- Comunicación de computadoras.
- Características de una red Can.
- Gestión electrónica de la dirección.
- Tipos de asistencia de dirección electrónica.

8. Actividades a desarrollar

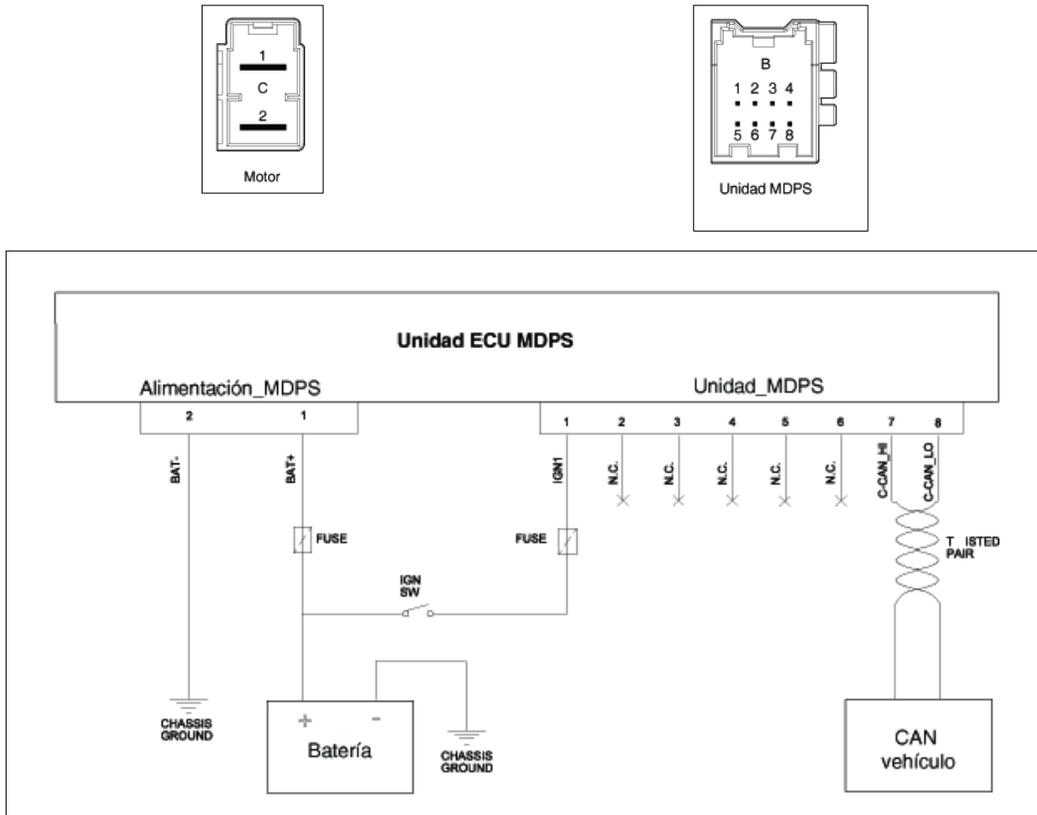
ACTIVIDAD 1: Obtención de la señal Can High y Can Low, bajo diferentes condiciones de trabajo.

- **Instrucciones:**

La unidad ECU MDPS está conformada por dos maso de sockets, el primero que es la (Alimentación_ MDPS) y cuenta con dos pines, tales que; el pin 1 se comunica con el positivo de la batería, mientras que el pin 2 tendrá comunicación a masa. El segundo socket (Unidad_MDPS) está conformado por 8 pines, tales que; el pin 1 tendrá comunicación con el positivo de la batería logrando para su alimentación. El pin 7 corresponde a la señal de CAN_HIGT, y el pin 8 pertenece a la señal de CAN_LOW, siendo estos últimos los encargados de comunicarse con la Red CAN del vehículo. Tal como se muestra en la figura 1.

Figura 1

Esquema de conexión del motor y la Unidad MDPS



- **Procedimiento:**

Para establecer la comunicación entre la computadora y el osciloscopio es necesario descargar e instalar el software (USB Oscilloscope). Seguidamente corresponde realizar las conexiones del osciloscopio hacia la computadora, así como también su alimentación a 12V.

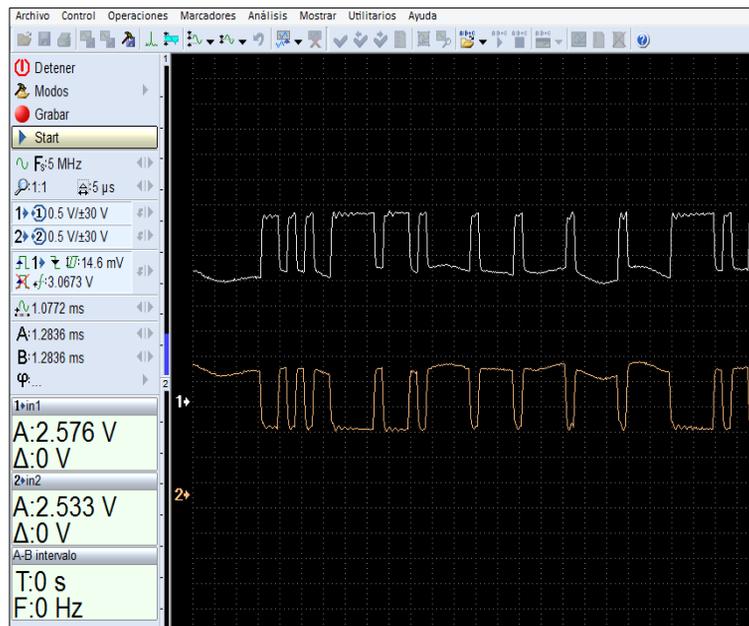
Una vez realizado el procedimiento anterior, se debe pinchar las entradas de las señales de CAN HIGH y CAN LOW procedentes del módulo MCP2515 (que se utiliza para habilitar la comunicación, en sistemas que no tienen un controlador CAN integrado), y que se encargan de enviar la información al módulo MDPS.

A continuación, se va a configurar los dos canales en el software (USB Oscilloscope por los cuales se va a recibir las señales a través del osciloscopio, se debe modificar la frecuencia como la amplitud para obtener la mejor visualización de las señales.

Con estas configuraciones ya se puede obtener las gráficas de la asistencia a diferentes velocidades, tal como se ve en el siguiente ejemplo, el cual se aprecia la figura 2, de la red CAN a una velocidad de 10 km/h.

Figura 2

Grafica de las señales CAN HIGH y CAN LOW a velocidad de 10km/h.



Nota: para realizar el envío de las diferentes velocidades, será necesario recordar la **ACTIVIDAD 2**, de la **practica 1**.

Las gráficas obtenidas pertenecientes a la red CAN se deben colocar en el **apartado 9** de la sección resultados, colocar en la **tabla 1** las señales a diferentes velocidades, tales que: (5km/h, 60km/h, 120km/h).

ACTIVIDAD 2: Obtención de las señales de alimentación del motor eléctrico.

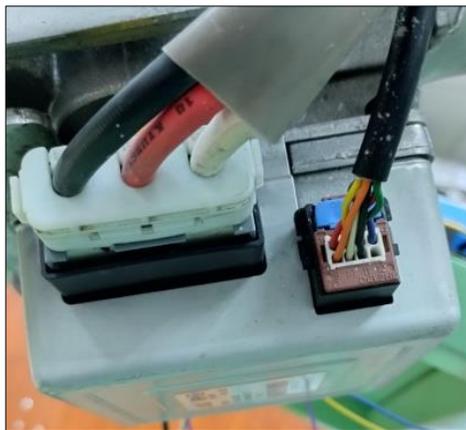
- **Instrucciones**

Luego de establecer la comunicación entre el computador y el osciloscopio, como en la actividad anterior, se va a continuar con la identificación de los pines del motor eléctrico.

En la figura 3, se muestra el soque que conecta el motor con la unidad de control electrónica, en el cual se aprecian 7 cables, tres de ellos corresponden a los sensores Hall pertenecientes al motor y usados por la unidad de control electrónica para inferir la posición y velocidad del rotor. Dos de los cables corresponden al sensor de giro y torque, usados para gestionar la cantidad de asistencia que el motor eléctrico debe proporcionar al conductor para una conducción ergonómica. Finalmente, existen dos cables más correspondientes a la alimentación de los sensores Hall.

Figura 3.

Soque que conecta el motor eléctrico con la unidad de control.



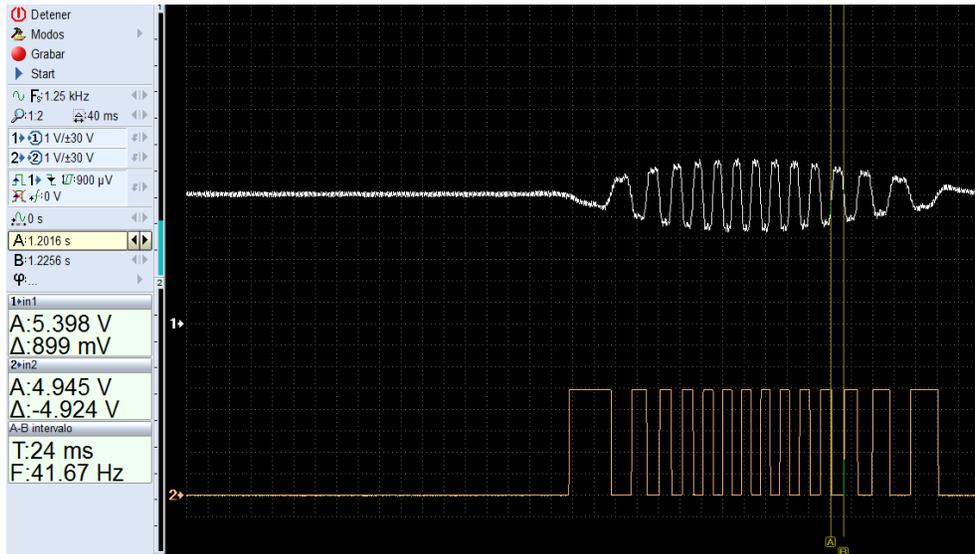
Sensores Hall.

La señal que envía este sensor a la unidad de control electrónica es de tipo cuadrada, esta debe estar en fase con una de las señales de alimentación que les llega a las bobinas del motor eléctrico como se observa en la figura 4. Deben existir tres señales, cada una de ellas en fase con un cable de alimentación del motor eléctrico.

Una vez identificados los cables del sensor hall en fase con su respectiva bobina, colocar en el **apartado 9** de resultados una imagen en la que se visualice cada una de las señales, así como la identificación de los cables de los cuales se obtuvieron debe llenar la información en **la tabla 2**.

Figura 4

Señal en fase con un cable del motor eléctrico.



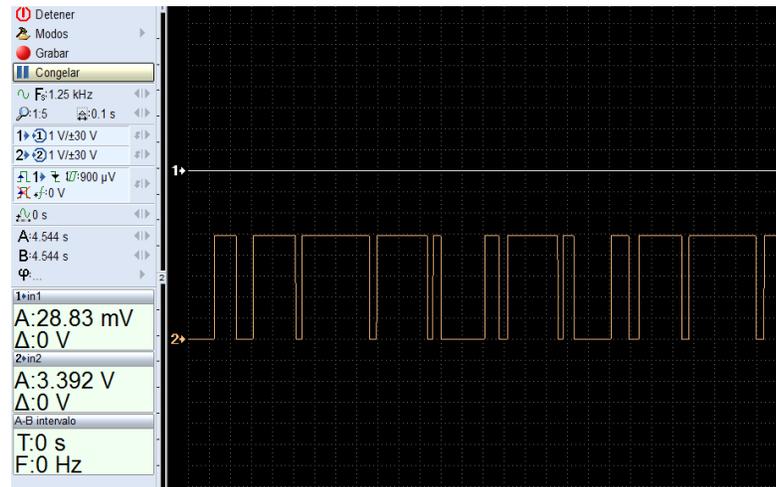
Sensor de giro y torque.

Estas señales no se encuentran en fase con las señales de alimentación de las bobinas. Para identificar la señal del sensor de giro, recurra a mover muy ligeramente el volante, en estas condiciones, este sensor es el único que genera una señal de onda cuadrada tal como se observa en la figura 5.

Una vez identificados los cables del sensor de giro y de torque, colocar en el **apartado 9** de resultados, una imagen en la que se visualice cada una de las señales, así como la identificación de los cables de los cuales se obtuvieron debe llenar la información en **la tabla 3**.

Figura 5

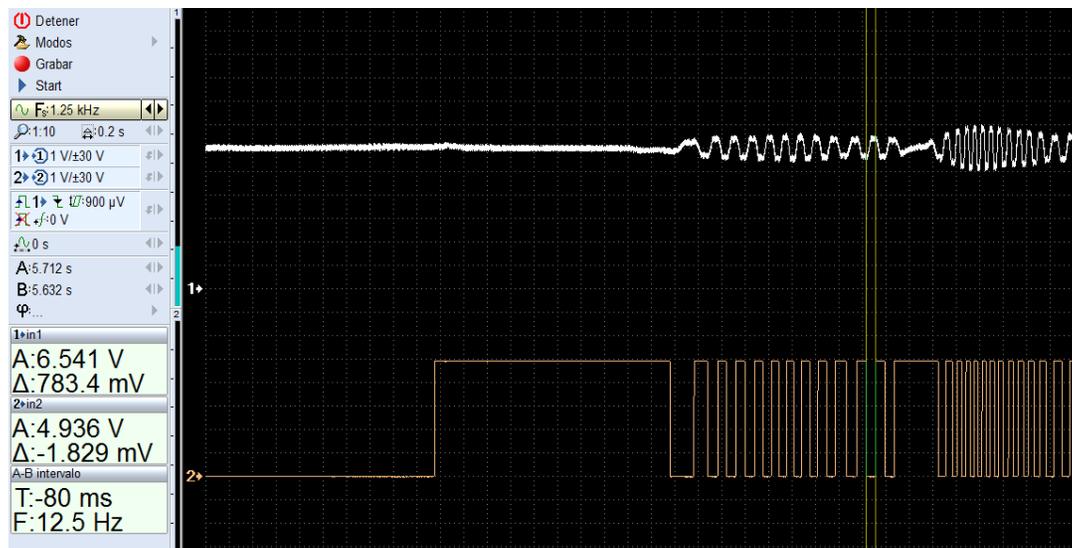
Sensor de giro.



Para identificar la señal del sensor de torque, recurra a determinar el cable que genere una onda cuadrada y este no esté en fase con ningún cable de alimentación de las bobinas tal como se observa en la figura 7.

Figura 7

Sensor de torque.



Señales de alimentación y tierra.

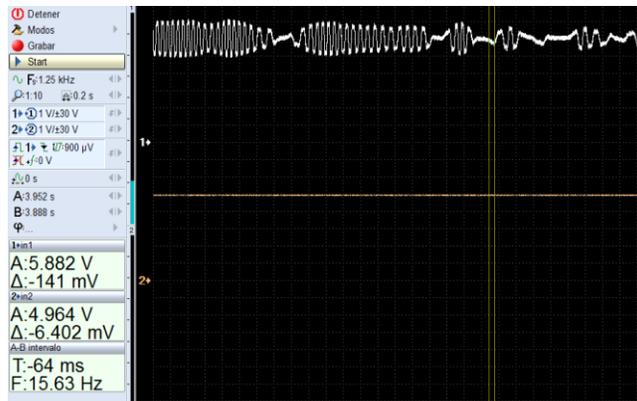
Estas señales son continuas por lo que corresponde identificar a través del osciloscopio aquel cable que describa una tensión de alimentación de 5v como de 0v, tal como se observa en la

figura 8 y 9 respectivamente (estas se encuentran en el canal 2). Estos cables se usan para alimentar a los sensores Hall.

Una vez identificados los cables del alimentación y tierra, colocar en el apartado 9 de resultados, una imagen en la que se visualice cada una de las señales, así como la identificación de los cables de los cuales se obtuvieron debe llenar la información en **la tabla 4**.

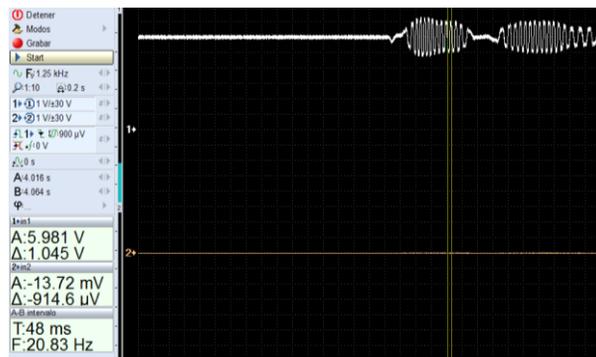
Grafica 8

Señal 5V



Grafica 9

Señal 0V.



9. Resultados obtenidos.

A continuación, se deben adjuntar las evidencias requeridas en la actividad 1 para ello deberá completar la Tabla 1 con las gráficas de la red CAN a diferentes velocidades. Importante que las imágenes sean claras y fáciles de visualizarse a simple vista.

Tabla 1

Gráficas de las señales Can High y Can Low, a diferentes velocidades.

Velocidad	Grafica
5km/h	(Puede variar el tamaño de esta celda para adaptarla a la imagen que haya obtenido durante el análisis de los datos)
60km/h	
120km/h	

A continuación, se deben adjuntar las evidencias requeridas en la actividad 2 para ello deberá completar la Tabla 2, 3 y 4 con las gráficas obtenidas de los sensores hall, giro, torque y alimentación. Importante que las imágenes sean claras y fáciles de visualizarse a simple vista.

Tabla 2

Gráficas de los sensores Hall.

Color de Cables	Gráfica de la señal
	(Puede variar el tamaño de esta celda para adaptarla a la imagen que haya obtenido durante el análisis de los datos)

Tabla 3

Gráficas de la señal de sensor de giro y torque.

Sensor	Cables	Gráfica
Sensor de giro		(Puede variar el tamaño de esta celda para adaptarla a la imagen que haya obtenido durante el análisis de los datos)
Sensor de torque		

Tabla 4

Gráficas de las señales de alimentación y tierra.

Señales	Cables	Gráfica
Alimentación		(Puede variar el tamaño de esta celda para adaptarla a la imagen que haya obtenido durante el análisis de los datos)
Tierra		

10. Discusión

A desarrollar por el estudiante. Discuta sobre los resultados obtenidos y actividades desarrolladas, enfatice lo alcanzado en la práctica, así como las deficiencias encontradas.

11. Conclusiones

A desarrollar por el estudiante en función de los objetivos propuestos.

12. Recomendaciones

Citar las recomendaciones pertinentes que haya detectado durante la ejecución de la práctica

13. Preguntas y actividades de control

A desarrollar por el estudiante.

- ¿Por qué la señal del sensor hall está en fase con la alimentación de cada bobina del motor eléctrico?
- ¿Es posible encontrar la señal PWM con la cual la unidad de control electrónico comanda la alimentación del motor eléctrico?
- ¿Por qué el sensor de giro es el único que genera una señal cuadrada al momento en que se gira en un ángulo muy pequeño al volante?
- ¿Cómo identifica la unidad de control electrónico la velocidad de giro del volante? ¿Qué variación existen en las señales?

14. Bibliografía (Añada la que crea conveniente a las ya citadas siguiente el formato expuesto. Tomar en cuenta que la bibliografía que cite debe ser de una fuente confiable, de preferencia utilice libros, artículos, revistas, tesis, entre otras)

Andino, J. F. A. (s. f.). Utilización de Plataformas de Hardware Libre y Computadores de Placa

15. Porcentaje de participación de los miembros del grupo (Sírvanse ponderar la participación de todos los integrantes del grupo)

Nombres y Apellidos	Porcentaje de participación

16. Anexos (Añada la información complementaria que crea conveniente)

Anexo 3. Ficha técnica del vehículo



Tucson ix35

Garantía de 2 años y/o 50.000 Kms.



	Theta II gasolina		Diesel CRDI 3a. generación	
	Mecánica/automática 2.0 mec. 4x2 y 4x4, aut. 4x2	Automática 2.4 aut. 4x4	Mecánica 2.0 CRDI 4x2 y 4x4	Automática 2.0 CRDI 4x4
TREN MOTRIZ	Gasolina		Diesel (ADPM)	
Ubicación motor	Transversal delantero			
Cilindrada (c.c.)	1.998 c.c.	2.358 c.c.	1.995 c.c.	
Cilindros/distribución	4/en línea			
Bloque y culata	Bloque y culata de aluminio		Culata de aluminio	
Apertura de válvulas	CVT dual (Tiempo de Apertura de Válvulas Constantemente Variable), VS (Sistema de Admisión Variable) para mayor potencia, economía de combustible y menor contaminación		DOHC con sistema HLA	
Número de válvulas	16			
Ejes de leva	DOHC			
Potencia (HP a RPM)	158 a 6.200	171 a 6.000	175 a 4.000	
Torque (kgm. a RPM)	19,8 a 4.600	23,0 a 4.000	39 entre 1.800 y 2.500 rpm / 40 entre 1.800 y 2.500 rpm	
Relación de compresión	10,5 a 1		18 a 1	
Sistema de inyección	MPI (Inyección Electrónica Multipunto)		Directa tipo CRD, electrónica con tubo e inyección, última tecnología	
Cobertor de motor	Standard			
Sistema eléctrico (batería)	48 AH	54 AH	72 AH	
Transmisión	Mecánica / automática	Automática	Mecánica	Automática
Relaciones	1a. 3.636 / 4.162 a 1	4.212 a 1	3.615 a 1	4.252 a 1
2a.	2.080 / 2.575 a 1	2.637 a 1	1.794 a 1	2.654 a 1
3a.	1.333 / 1.772 a 1	1.800 a 1	1.542 a 1	1.804 a 1
4a.	1.061 / 1.369 a 1	1.366 a 1	1.176 a 1	1.388 a 1
5a.	0.821 / 1.000 a 1	1.000 a 1	0.974 a 1	1.000 a 1
6a.	- / 0.778 a 1	0.772 a 1	0.829 a 1	0.772 a 1
Reversa	3.455 / 3.500 a 1	3.385 a 1	3.416 a 1	3.393 a 1
Relación final de eje	4.533 / 3.648 a 1	3.195 a 1	4.643 (1era, 2da y 3ra) 3.421 a 1 (4era, 5ta, 6ta)	3.041 a 1
Velocidad máxima (k/h)	183 / 178 k/h	192 k/h	194 k/h	195 k/h
Dirigición	De piñón y cremallera con asistencia hidráulica. Vueltas de timón de tope a tope: 2,99 radio mínimo de giro: 5,28 mts., timón graduable en altura			
Llantas y rines	225/60 rin 17 de aluminio (llanta de repuesto de tamaño normal, de aluminio)			
Suspensión delantera	Ruedas independientes, tipo Mc Pherson, resortes helicoidales, amortiguadores a gas y barra estabilizadora			
Suspensión trasera	Multi link (soportes multibolantes), espirales y barra estabilizadora con amortiguadores a gas			
Frenos	ABS (Sistema Antibloqueo de Frenos) con discos adelante y atrás, booster de 11 pulgadas			
DIMENSIONES, PESO Y CAPACIDAD				
Largo (mts.)	4.41			
Alto (mts.)	1.66			
Ancho (mts.)	1.82			
Distancia entre ejes (mts.)	2.64			
Voladizo delantero/trasero (mts.)	0.88/0.89			
Trocha delantera/trasera	1.56/1.59			
Altura mínima al piso (mts.)	0.20			
Número de puertas	5			
Número de puestos	5			
Peso bruto vehicular (Kg.)	1.980-2.030-1.980 Kg.	2.050 Kg.	2.090-2.140 Kg.	2.140 Kg.
Peso vacío (Kg.)	1.365-1.409-1.403 Kg.	1.491 Kg.	1.501-1.577 Kg.	1.611 Kg.
Tanque de combustible (Gal.)	14,5 Gal.			

EQUIPAMIENTO	
Interior	
Aire acondicionado	
Airbag conductor y pasajero (según referencia)	
Vidrios, espejos y seguros eléctricos	
Timón graduable en altura	
Radio CD/MP3, USB + AUX, 4 parlantes, tweeter, mandos en el timón (según referencia)	
Asiento conductor graduable en altura y lumbar	
Asiento trasero abatible 60/40	
Apoya brazos central delantero y trasero	
Parasoles con espejo	
Luces de cortina: 2 en la cabina, 1 en el baúl	
Computador de viaje con indicador de consumo y de manejo económico	
Tomacorrientes en la cabina y en el baúl	
Bandeja cubreequipaje y maleta para asegurar carga	
Cinco cinturones de seguridad, graduables en altura los delanteros	
Cinco apoyacabezas graduables en altura	
Guardaeros con llave, portagafas	
Bandeja cobertora de área de baúl	
Descansapiés izquierdo	
Portapiés en las puertas	
Seguros para niños en las puertas traseras	
Exterior	
Spoiler trasero con tercer stop	
Exploradoras	
Manijas, espejos y paragolpes en el color de la carrocería	
Limpiaparabrisa trasero	
Empuñadores laterales	
Rack de techo	
Salpicadores delanteros y traseros	
Vidrios tintados	



- Las características que aparecen en esta ficha técnica son ilustrativas y no constituyen oferta comercial.
- Sus especificaciones pueden estar sujetas a cambio dependiendo de su efectiva disponibilidad.
- Las características definitivas del vehículo serán las que conozca y acepte el comprador en la correspondiente orden de pedido.
- Algunos accesorios son parte de la ambientación fotográfica. Foto de referencia.

Anexo 4. Líneas de programación.

En este apartado se encuentran las líneas de programación en las que se incluye: el envío de los PID de velocidad y rpm, así como también se encuentra la programación de la pantalla LCD y la programación de los potenciómetros, encargados de realizar la variación de velocidad y rpm.

```
#include <mcp_can.h>
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
```

```
int pedalSpeed = A0;
int pedalrpm = A1;
```

```
const int numSamples = 10;
int samples1[numSamples];
int samples2[numSamples];
```

```
int in1 = 0;
int in2 = 0;
```

```
int total1 = 0;
int total2 = 0;
```

```
MCP_CAN CAN0(10); // Set CS to pin 10
```

```
void setup() {
  lcd.init();
  lcd.init();
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.backlight();

  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Laboratorio CAN ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(" --- UNL --- ");
  delay(1000);
  for (int i = 0; i < 16; i++) {
```

```

    lcd.scrollDisplayLeft();
    delay(150);
}
delay(1000);
lcd.clear();

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Speed:");
lcd.print(0);
lcd.print("km/h");

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("REV:");
lcd.print(0);
lcd.print("rpm");
delay(1000);

delay(1000);

Serial.begin(115200);
if (CAN0.begin(MCP_ANY, CAN_500KBPS, MCP_8MHZ) == CAN_OK)
Serial.println("MCP2515 Initialized Successfully!");
else Serial.println("Error Initializing MCP2515...");

CAN0.setMode(MCP_NORMAL);

for (int i = 0; i < numSamples; i++) {
    samples1[i] = 0;
    samples2[i] = 0;
}
}

byte data1[8] = {0x05, 0x12, 0x38, 0x1D, 0x12, 0x11, 0x0B, 0x5E};
//5 12 38 1D 12 11 30 5E //48kmh
byte data2[8] = {0x61, 0x7F, 0x58, 0x17, 0x0B, 0x29, 0x02, 0x00};

//316 5 24 4C 17 24 10 0B 5F 5 17 C8 16 17 0F 0A 5F ///10kmh
//316 5 24 4C 17 24 10 0B 5F 5 17 C8 16 17 0F 0A 5F ///

```

```
//556 61 7F 58 17 0B 29 2 0 47 82 B8 16 0A 25 2 0
```

```
void loop() {  
  int valorPedal1 = map(analogRead(pedalSpeed), 43, 1023, 0, 200);  
  int valorPedal2 = map(analogRead(pedalrpm), 47, 1023, 0, 40);  
  
  total1 = total1 - samples1[in1] + valorPedal1;  
  samples1[in1] = valorPedal1;  
  byte velocidadA = total1 / numSamples;  
  in1 = (in1 + 1) % numSamples;  
  
  total2 = total2 - samples2[in2] + valorPedal2;  
  samples2[in2] = valorPedal2;  
  byte rpmA = total2 / numSamples;  
  in2 = (in2 + 1) % numSamples;  
  
  // Serial.print("Velocidad: ");  
  // Serial.println(velocidadA);  
  //  
  // Serial.print("RMP: ");  
  // Serial.println(rpmA);  
  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("Speed:");  
  lcd.print(velocidadA);  
  lcd.print("km/h");  
  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print("REV:");  
  lcd.print(rpmA);  
  lcd.print("krpm");  
  
  //armamos la trama de velocidad  
  byte data1[8] = {0x05, 0x12, 0x38, 0x1D, 0x12, 0x11, velocidadA, 0x5E};  
  
  byte sndStat = CAN0.sendMessageBuf(0x316, 0, 8, data1);  
  if (sndStat == CAN_OK) {  
    Serial.println("Message Sent Successfully!");  
  } else {  
    Serial.println("Error Sending Message...");  
  }  
}
```

```
}  
  
//armamos la trama de RPM  
byte data2[8] = {0x61, 0x7F, 0x58, 0x17, 0x0B, 0x29, rpmA, 0x00};  
  
byte sndStat1 = CAN0.sendMsgBuf(0x556, 0, 8, data2);  
if (sndStat1 == CAN_OK) {  
  Serial.println("Message Sent Successfully!");  
} else {  
  Serial.println("Error Sending Message...");  
}  
  
delay(40); // send data per 100ms  
}
```

Anexo 5. Certificación de traducción del resumen

CERTF. N° 12.8 – 2024

Loja, 18 de septiembre del 2024

El suscrito Franco Guillermo Abrigo Guarnizo.

Lcdo. En Ciencias de la Educación Mención Idioma Inglés

A petición de la parte interesada y en forma legal.

CERTIFICA:

Que **José Ángel Chamba Calderón** con cédula de identidad número **Cedula: 1105955726**, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Mecánica Automotriz de la Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja, completó satisfactoriamente la presente traducción de español a inglés del Trabajo de titulación denominado **Diseño e implementación de un banco de pruebas para el control de una dirección electrónica asistida.**

Traducción que fue guiada y revisada minuciosamente por mi persona. En consecuencia, se da validez a la presentación de la misma. Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el estudiante hacer uso del presente documento en lo que estimare conveniente.

Atentamente,



.....
Franco Guillermo Abrigo Guarnizo

Lcdo. En Ciencias de la Educación Mención Idioma Inglés

Número de Registro Senescyt: 1008-2021-2368808

Cédula: 1104492127

email: franco.abrigo@hotmail.com

celular: 0990447198