



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

Facultad de Ciencia y Tecnología

Tecnología Superior en Electrónica Automotriz

Título del Trabajo de Titulación:

“Elaboración de un banco didáctico funcional de un sistema de
dirección asistido electricamente”

Trabajo previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en
Electrónica Automotriz

Nombres y Apellidos:

Matailo Urgilez David Andrés

Quezada Guamán Bryam Andrés

Director: Ing. Boris Mauricio Coello Salcedo

Cuenca – Ecuador

2024

Agradecimiento

Andrés Quezada.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, Eva Guamán y Wilson Quezada, por su inquebrantable apoyo y amor a lo largo de todos estos años. Sin su sacrificio, dedicación y confianza en mí, no habría sido posible alcanzar este importante logro. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y el compromiso. Esta tesis es un reflejo de su cariño y de los valores que me han inculcado. A ustedes, les debo todo lo que soy y todo lo que espero llegar a ser. Con amor y gratitud, dedico este trabajo a ustedes.

Andres Matailo.

Al finalizar este proyecto, me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de diversas maneras a la realización de este trabajo.

En primer lugar, quiero agradecer a mi madre, Sara Urgilez, por su amor incondicional, su apoyo constante y sus sacrificios. Su fortaleza y dedicación han sido una inspiración y un pilar fundamental en mi vida. Gracias por creer en mí y por estar siempre a mi lado en cada paso de este camino.

A mis hermanos, quienes han sido una fuente constante de apoyo y motivación. En especial, quiero agradecer a Jorge Sánchez, cuyo ejemplo, consejos y palabras de aliento han sido invaluable. Gracias por tu comprensión y por estar siempre dispuesto a ayudarme.

A todos ustedes, muchas gracias.

Resumen

El presente trabajo constituye un informe técnico sobre la “Elaboración de un banco didáctico funcional de un sistema de dirección electroasistida”. Se destaca la importancia del EPS (sistema de dirección electroasistida), en la conducción moderna y se plantea el objetivo de proporcionar una herramienta educativa para facilitar la comprensión de su funcionamiento y el desarrollar habilidades técnicas para de estos sistemas. Se aborda el marco teórico, donde se explican los principios de funcionamiento del sistema EPS y se describen sus componentes clave. Los objetivos del proyecto incluyen identificar los principios de funcionamiento estos sistemas, diseñar y construir el banco didáctico, y desarrollar el software de control necesario. Los procedimientos detallan el diseño conceptual, la selección de componentes, el ensamblaje, la programación del software y las pruebas de funcionamiento. Los resultados muestran que se logró diseñar un banco didáctico funcional que replica un sistema EPS de manera precisa, incorporando todos los componentes clave y desarrollando un software de control efectivo. En las conclusiones se resalta la importancia del banco didáctico como herramienta educativa para el aprendizaje práctico en ingeniería automotriz y se enfatiza el valor de desarrollar habilidades técnicas mediante proyectos de este tipo.

Palabras clave: Dirección electroasistida, Banco didáctico funcional, Software de control, Aprendizaje práctico, Diseño y construcción.

Abstract

The following graduation project approaches a technical report about “Design and build process of a didactic testing bench for electric power steering system”. It stands out all the features that an “EPS system” gives to modern driving and pursues the objective of providing and educational tool to generate comprehension about how it works, and to develop technical skills to work on systems alike. A complete revision of the theoretical framework is presented in order to explain the functional key points of these systems and the description of their main components. Subsequently, it shows the design and building process and its challenges. And finally, the developing of the software that will command this project. Once the objective is reached, several tests are carried away. The results show the accomplishment of building this educational tool that emulates a real EPS system that

works along with their main components and an effective operational software. The conclusions point out the importance of having an EPS testing bench, as an educational tool, to improve the practical abilities that technological students will acquired by building and using projects like the presented here.

Key Words: Power steering system, Didactic testing bench, Operative software, Practical abilities, Design and construction.

Índice de contenidos

Agradecimiento	i
Resumen	ii
Abstract	ii
Índice de contenidos	iv
Índice de Tablas	vi
Índice de Figuras	vii
Índice de Ilustraciones.	viii
1. Introducción	1
2. Marco Teórico	2
2.1. Principios de Funcionamiento de la Dirección Electroasistida “EPS”:	2
2.1.1. Control Electrónico de Motores:	2
2.1.2. Sensores de Posición:	2
2.2. Componentes de un Sistema de “EPS”:	2
2.2.1. Motor Eléctrico	2
2.2.2. Unidad de Control Electrónico “ECU”:	3
2.2.3. Sensor de Par o Posición del Volante:	4
2.2.4. Sensor de Angulo de Giro:	4
2.2.5. Piñón y Cremallera (o Dirección Asistida por Cremallera):	5
2.3. Importancia de los Bancos Didácticos Funcionales:	6
3. Objetivo General	6
4. Objetivos Específicos	6
5. Procedimientos y Herramientas	6

5.1.	Diseño Conceptual	6
5.2.	Componentes para el Banco Didáctico de Dirección Electroasistida de Nissan X-Trail.	8
5.2.1.	Columna de Dirección	8
5.2.2.	Motor Eléctrico	9
5.2.3.	Sensor de par o torque	10
5.2.4.	Sensor de ángulo de dirección	11
5.2.5.	Unidad de control electrónico.....	11
5.2.6.	Cremallera	11
5.3.	Ensamblaje y montaje	12
5.4.	Desarrollo del software de control	15
5.5.	Calibración y ajuste	20
5.6.	Validación y pruebas	21
6.	Resultados y conclusiones	22
6.1.	Resultados	22
6.2.	Conclusiones	23
7.	Lista de referencias.....	23
8.	Anexos	24

Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Procedimiento para la programación del Software</i>	17
--	----

Índice de Figuras **Figura 1.** *Funcionamiento de Direcciones Eléctricas* **Error! Bookmark not defined.**

Figura 2. <i>Sistema de dirección EPS</i>	3
--	---

Figura 3. <i>Sistemas de dirección – Parte I</i>	4
---	---

Figura 4. <i>Sensor de ángulo de dirección</i>	4
---	---

Figura 5. <i>Cremallera</i>	5
--	---

Figura 6. <i>Planos del Banco didáctico</i>	7
--	---

Figura 7. <i>Boceto del Banco Didáctico</i>	7
--	---

Figura 8. <i>Esquema de Conexiones</i>	14
---	----

Figura 9. <i>Diagrama de Circuito</i>	15
--	----

Índice de Ilustraciones.

Ilustración 1. <i>Columna de dirección</i>	9
---	---

Ilustración 2. <i>Motor eléctrico</i>	10
--	----

Ilustración 3. <i>Sensor de Par</i>	10
--	----

Ilustración 4. <i>ECU</i>	11
--	----

Ilustración 5. <i>Cremallera</i>	12
---	----

Ilustración 6. <i>Ángulos de hierro</i>	12
Ilustración 7. <i>Medición para cortes.</i>	13
Ilustración 8. <i>Ensamblaje del banco</i>	14
Ilustración 9. <i>Pintando el banco</i>	14
Ilustración 10. <i>CAN-BUS “Shield” y Arduino Uno</i>	17
Ilustración 11. <i>Banco didáctico culminado</i>	20
Ilustración 12. <i>Pruebas de Funcionamiento del banco didáctico</i>	21
Ilustración 13. <i>Verificación de señales de CAN High y CAN Low</i>	22
Índice de Anexos	
Anexo 1. <i>Sistema Control Dirección</i>	25
Anexo 2. <i>Esquema de conexiones</i>	26

1. Introducción

El sistema de dirección asistida electrónicamente (Electric Power Steering) “EPS” se ha consolidado como una tecnología crucial para mejorar la maniobrabilidad y eficiencia en la conducción de vehículos, siendo una característica estándar en la mayoría de los vehículos modernos debido a sus ventajas en comodidad y seguridad. Estos sistemas incorporan varios sensores, como el sensor de ángulo de giro “SAS” y el sensor de torque de giro “TSS”, que informan a la Unidad de Control Electrónico “ECU” sobre la intensidad, ángulo y velocidad del giro. Una unidad de control electrónica, basada en parámetros predefinidos, calcula instantáneamente el par necesario para cada momento, controlando y accionando un motor eléctrico que asiste en el movimiento de giro de la dirección. En algunos casos, esta asistencia se aplica a un piñón de accionamiento movido por el motor eléctrico, en paralelo con el piñón principal de la dirección sobre la cremallera.

Hoy en día los sistemas “EPS” han evolucionado para trabajar en conjunto con otros sistemas del vehículo, como el sistema de frenos “ABS” y el sistema de control de tracción “TCS”, mejorando aún más la maniobrabilidad y confort del manejo del vehículo. Además, los sistemas “EPS” están vinculados con sistemas de posicionamiento global y “GPS”, permitiendo que los vehículos sean autónomos y capaces de controlar todas las maniobras de dirección sin la intervención de un conductor.

La creación de un banco didáctico funcional de un sistema de dirección asistida eléctricamente tiene como objetivo proporcionar una herramienta de aprendizaje que contribuya al entendimiento del funcionamiento de estos sistemas y al desarrollo de habilidades técnicas en futuros profesionales del campo automotriz. Este proyecto se basa en la revisión y análisis de conceptos clave en la literatura científica y técnica relacionada con los sistemas de dirección asistida eléctricamente, abordando aspectos como su evolución histórica, principios de funcionamiento, desafíos de implementación y tendencias futuristas.

En primera instancia, este proyecto de investigación busca contribuir didácticamente al aprendizaje de las futuras generaciones de profesionales sobre sistemas de dirección electroasistida, permitiéndoles comprender la construcción, diseño y principios de funcionamiento de esta tecnología de manera práctica y real.

2. Marco Teórico

2.1. Principios de Funcionamiento de la Dirección Electroasistida “EPS”: Este sistema de asistencia de dirección, ayuda al conductor a girar el volante utilizando energía eléctrica en lugar de fuerza hidráulica. Para comprender su funcionamiento, es necesario estudiar los principios de la electrónica aplicada a la dirección asistida, como el control electrónico de motores y sensores de posición. (Kavak, 2023)

2.1.1. Control Electrónico de Motores: En un sistema “EPS”, el control electrónico de un motor eléctrico, es esencial para ajustar la cantidad de asistencia de dirección proporcionada al conductor. Esto implica el uso de algoritmos de control sofisticados que reciben señales de los sensores y calculan la cantidad de torque necesario para aplicar a dicho motor. La implementación de técnicas de control tales como controladores “PID” (Proporcional, Integral, Derivativo) permite una respuesta precisa y rápida del sistema “EPS” ante cambios en la demanda del conductor. (Centro Zaragoza, 2009)

2.1.2. Sensores de Posición: Los sensores de posición son dispositivos utilizados para medir la ubicación angular del volante y otros componentes relacionados con la dirección. Estos sensores proporcionan retroalimentación al sistema de control electrónico, permitiendo que ajuste la asistencia de dirección de acuerdo con las necesidades del conductor y las condiciones de conducción. Los sensores de posición más comunes utilizados en sistemas de dirección electrónica, incluyen potenciómetros, “*encoders*” y sensores Hall. (Celera Motion, 2023)

2.2. Componentes de un Sistema de “EPS”: Estos sistemas poseen una serie de componentes clave, como el motor eléctrico, la unidad de control electrónico “ECU”, el sensor de par o posición, el sensor de ángulo de giro, y el conjunto de piñón y cremallera. Un análisis detallado de estos componentes es fundamental para la comprensión del sistema “EPS” y su integración en un banco didáctico funcional.

2.2.1. Motor Eléctrico: Este componente es responsable de proporcionar la asistencia eléctrica necesaria para girar el volante. Puede ser de diferentes tipos, como motores “*brushless*” o motores con escobillas, dependiendo del diseño específico del sistema. (Centro Zaragoza, 2009)

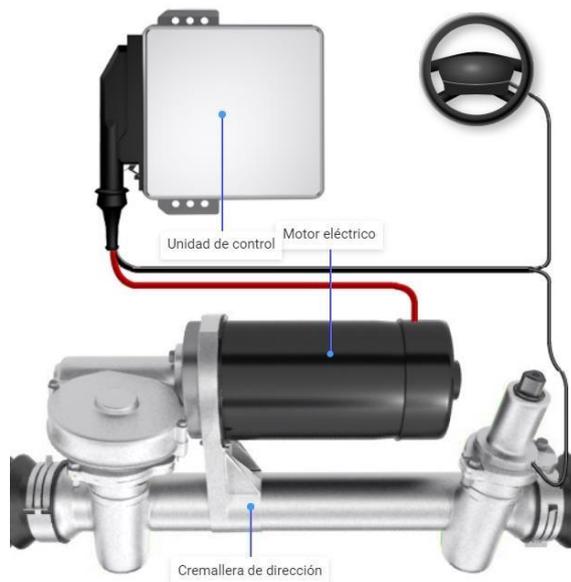
Figura 1. *Funcionamiento de Direcciones Eléctricas.*



Fuente. (Auto Avance, 2023)

2.2.2. Unidad de Control Electrónico “ECU”: La “ECU” es el centro de control del sistema “EPS”. Recibe información de los sensores y procesa los datos para determinar la cantidad de asistencia de dirección que se debe proporcionar en función de las condiciones de conducción y la velocidad del vehículo. (Centro Zaragoza, 2009)

Figura 2. *Sistema de dirección EPS*



Fuente. (Blog Mecánicos, 2023)

2.2.3. Sensor de Par o Posición del Volante: Este sensor detecta la posición del volante y la cantidad de fuerza aplicada por el conductor. Esta información es crucial para que la ECU ajuste la asistencia de dirección de manera apropiada. (Centro Zaragoza, 2009)

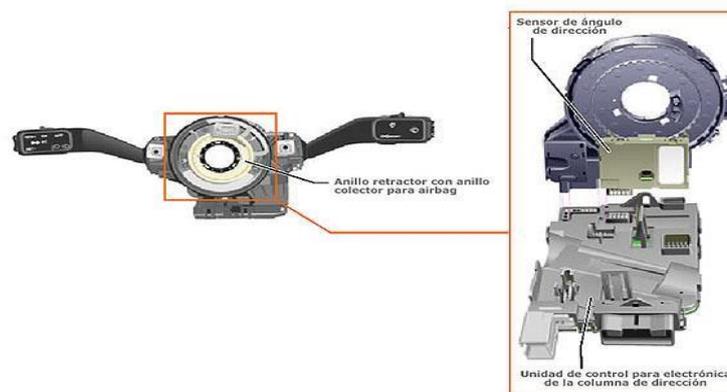
Figura 3. *Sistemas de dirección – Parte I*



Fuente. (transmi Coch, 2023)

2.2.4. Sensor de Angulo de Giro: El sensor de ángulo de giro detecta los movimientos del volante y convierte estos movimientos en señales eléctricas que son interpretadas por la unidad de control del sistema de dirección. Esta información se utiliza para ajustar la dirección del vehículo de acuerdo con las acciones del conductor, como girar el volante hacia la izquierda o hacia la derecha. (Centro Zaragoza, 2009)

Figura 4. *Sensor de ángulo de dirección*



Fuente. (transmi Coch, 2023)

2.2.5. Piñón y Cremallera (o Dirección Asistida por Cremallera): Este mecanismo convierte el movimiento rotativo del volante en movimiento lineal que se aplica a las ruedas delanteras para cambiar la dirección del vehículo. En un sistema “EPS”, este mecanismo está diseñado para integrarse con el motor eléctrico y permitir la asistencia de dirección. (Centro Zaragoza, 2009)

Figura 5. Cremallera



Fuente. (Auto Planet, 2024)

2.3. Importancia de los Bancos Didácticos Funcionales: Los bancos didácticos funcionales son herramientas educativas que simulan sistemas reales para facilitar el aprendizaje práctico en entornos educativos. En el contexto de la formación técnica en ingeniería automotriz, la implementación de un banco didáctico funcional de un sistema de “EPS” permitirá a los estudiantes comprender los principios teóricos y prácticos de este sistema de manera efectiva.

3. Objetivo General

Diseñar y elaborar un banco didáctico funcional de un sistema de dirección electroasistida.

4. Objetivos Específicos

- Entender el principio de funcionamiento, los componentes y operación del sistema de dirección electroasistida mediante una revisión de conceptos científicos y técnicos.
- Diseñar el banco didáctico, asegurando la funcionalidad adecuada y la seguridad para su operación.
- Construir la estructura y montar el mecanismo de dirección, acorde al diseño y características del material.
- Instalar un tablero de control y mandos para las pruebas de operación del mecanismo de operación.

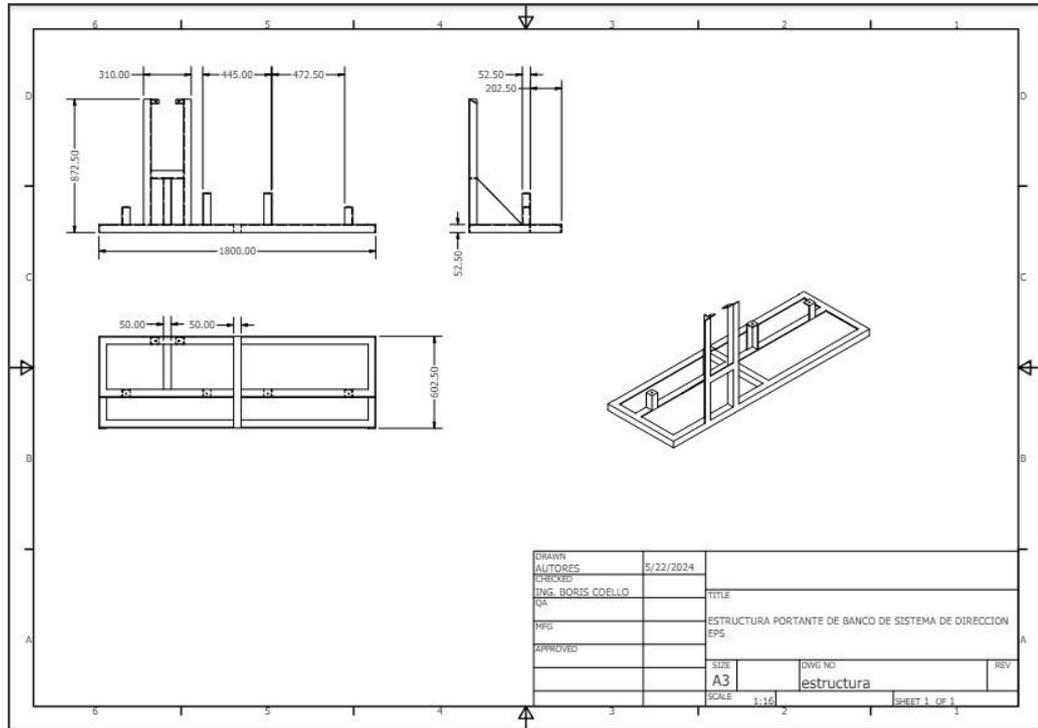
5. Procedimientos y Herramientas

Para la elaboración del siguiente proyecto de titularización, se seguirán los siguientes pasos:

5.1. Diseño Conceptual

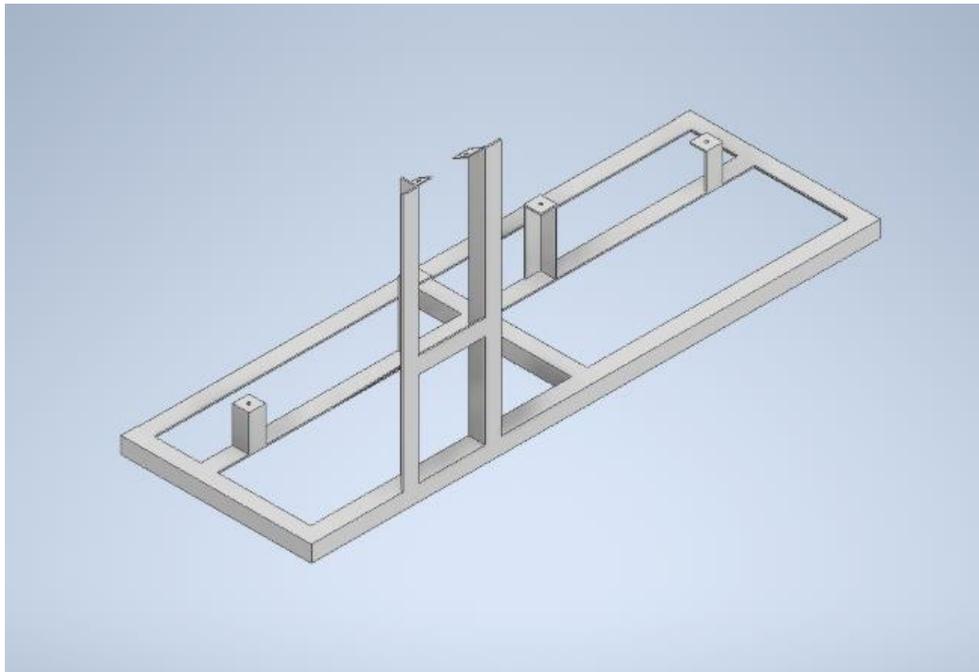
Se realizó un boceto detallado y los planos del banco didáctico utilizando el programa Autodesk Inventor. Este software de diseño asistido por computadora (CAD) nos permitió crear el modelo 3D preciso y visualizar la estructura en su totalidad antes de proceder con la elaboración de los planos técnicos. El proceso incluyó la definición de dimensiones exactas, la selección de materiales adecuados y la integración de todos los componentes estructurales necesarios. Gracias a las avanzadas herramientas de Autodesk Inventor, optimizamos el diseño para asegurar su funcionalidad y resistencia, facilitando así el paso a la fase de fabricación y montaje.

Figura 6. Planos del Banco didáctico



Fuente. Elaboración Propia (2024).

Figura 7. Boceto del Banco Didáctico



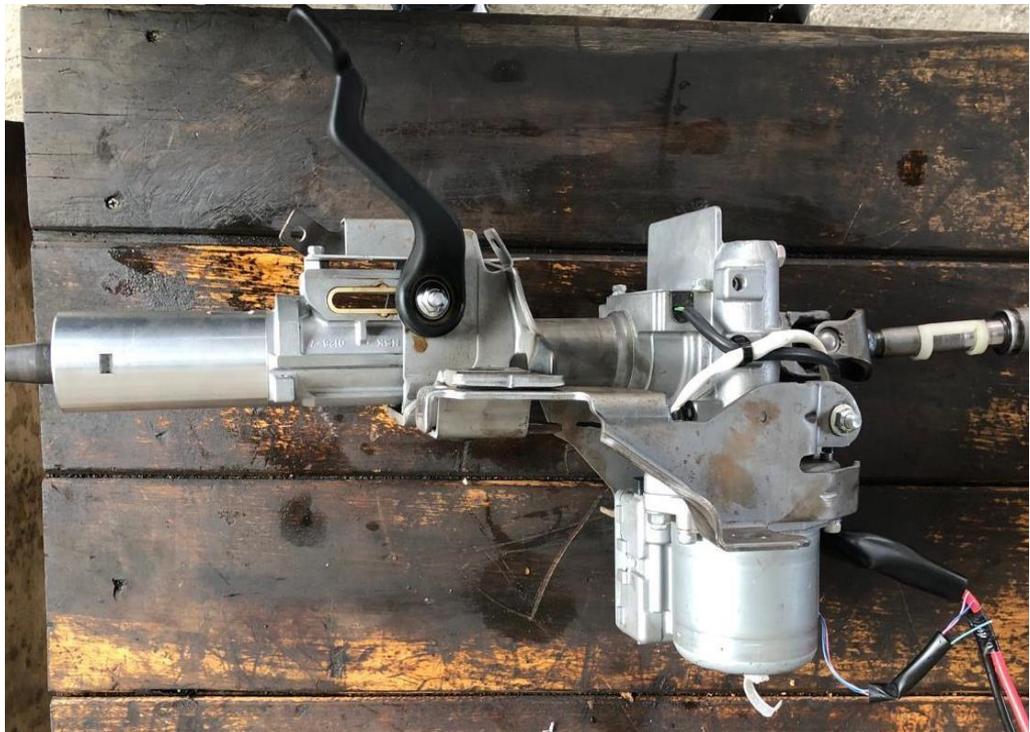
Fuente. Elaboración propia (2024).

5.2. Componentes para el Banco Didáctico de Dirección Electroasistida de Nissan X-Trail.

5.2.1. Columna de Dirección

La columna de dirección transmite el movimiento del volante al sistema de dirección. Contiene componentes como el sensor de torque, ángulo de giro y módulo de control electrónico.

Ilustración 1. *Columna de dirección*



Fuente. Elaboración propia (2024).

5.2.2. Motor Eléctrico

El motor eléctrico proporciona la asistencia necesaria para girar la dirección, con la información que proporciona el módulo de control electrónico.

Ilustración 2. Motor eléctrico



Fuente. Elaboración propia (2024).

5.2.3. Sensor de par o torque

Este sensor envía señales al sistema de control electrónico para detectar la cantidad de fuerza aplicada al volante por el conductor para ajustar la asistencia de dirección según sea necesario.

Ilustración 3. Sensor de Par



Fuente. Elaboración propia (2024).

5.2.4. Sensor de ángulo de dirección

Detecta la cantidad de giro o el ángulo de dirección del volante y envía esta información a la unidad de control electrónica “ECU” del sistema EPS. Este sensor se refleja en la Ilustración 3.

5.2.5. Unidad de control electrónico

El sistema de control electrónico procesa las señales del sensor de torque del volante y el sensor de ángulo de giro para determinar la cantidad de asistencia que se debe aplicar en cada situación de conducción.

Ilustración 4. ECU



Fuente. Elaboración propia (2024).

5.2.6. Cremallera

Se encarga de convertir el movimiento del volante en movimiento lineal que permite dirigir las ruedas delanteras del vehículo.

Ilustración 5. Cremallera



Fuente. Elaboración propia (2024).

5.3. Ensamblaje y montaje

Para realizar el ensamblaje lo primero es ver el tipo de material a utilizar, optamos por ángulos de hierro con estas medidas de 15,9 X 3,2 mm (5/8 X 1/8) X 6mt.

Ilustración 6. Ángulos de hierro



Fuente. Elaboración propia (2024).

Una vez verificado el tipo de material que vamos a utilizar se procede a realizar la medición del sistema de dirección para los cortes de los ángulos de hierro que vamos a necesitar para así cumplir con el diseño preestablecido del banco didáctico.

Ilustración 7. Medición para cortes.



Fuente. Elaboración propia (2024).

Cuando se tenga realizado los cortes de los ángulos, se unen para poder soldarlos y adaptarlos de acuerdo al diseño establecido.

Ilustración 8. Ensamblaje del banco



Fuente. Elaboración propia (2024).

Una vez que se ha ensamblado el banco se procede a pintarlo, se escogió el color azul debido a que es el color característico de la Universidad del Azuay.

Ilustración 9. Pintando el banco

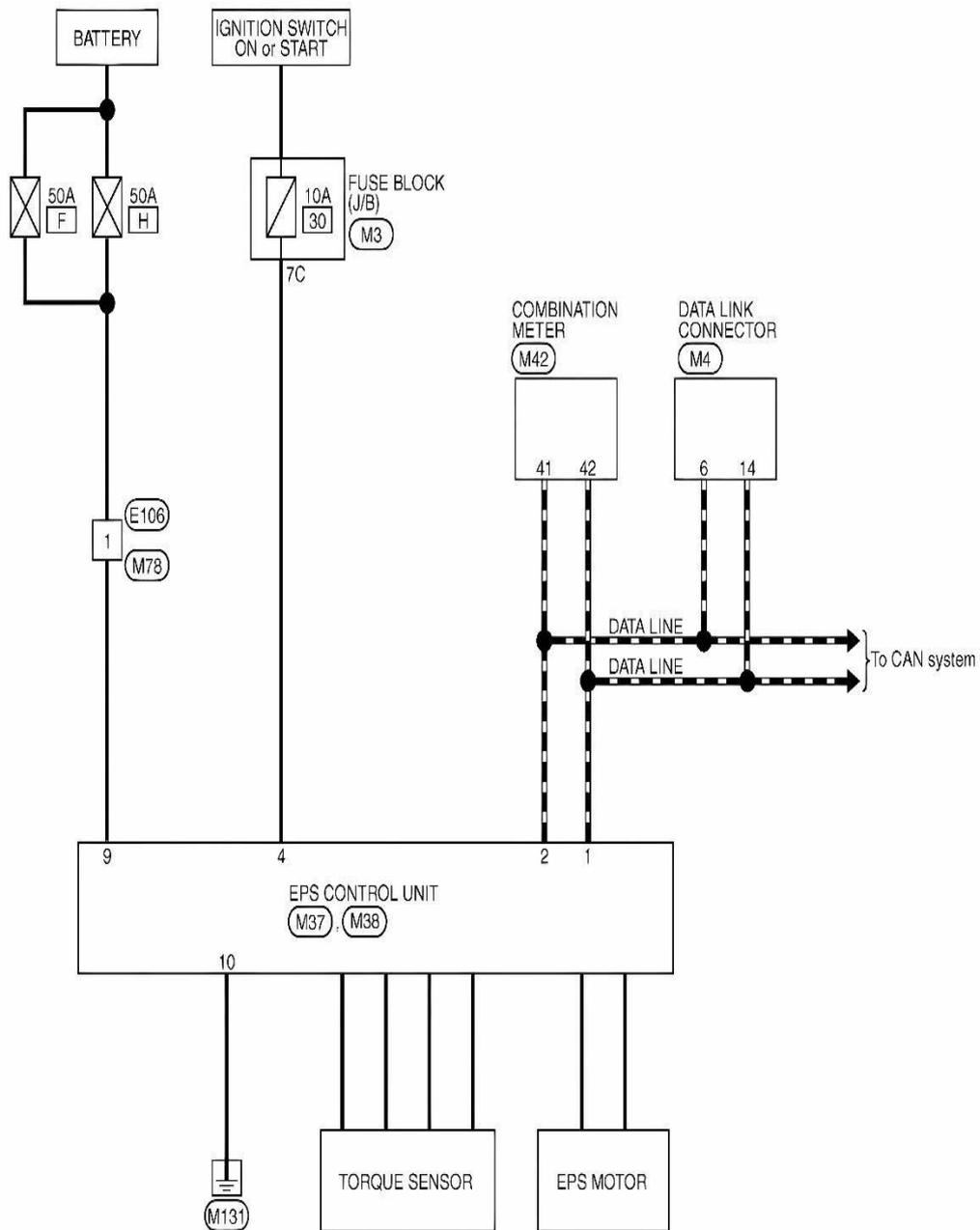


Fuente. Elaboración propia (2024).

5.4. Desarrollo del software de control

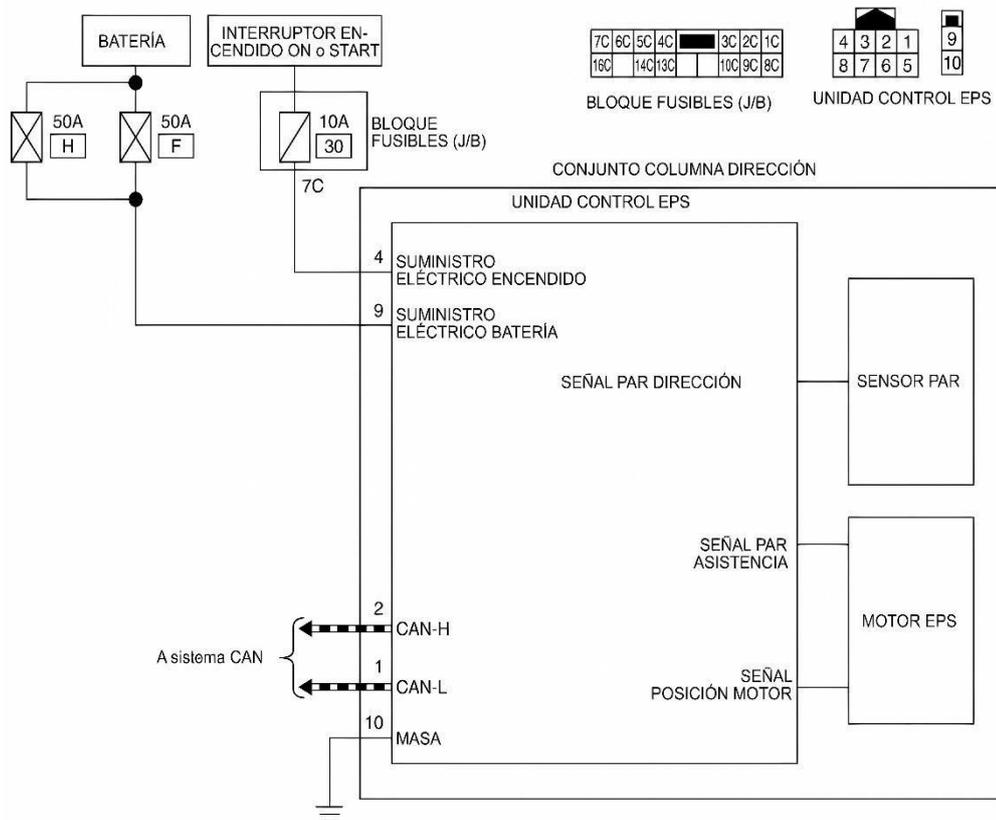
Para programar el sistema de dirección asistida, hemos considerado su diagrama eléctrico para comprender cómo están distribuidas cada una de las conexiones, tanto de los sensores como del módulo de control

Figura 8. *Esquema de Conexiones*



Fuente. (Nissan, 2016)

Figura 9. Diagrama de Circuito



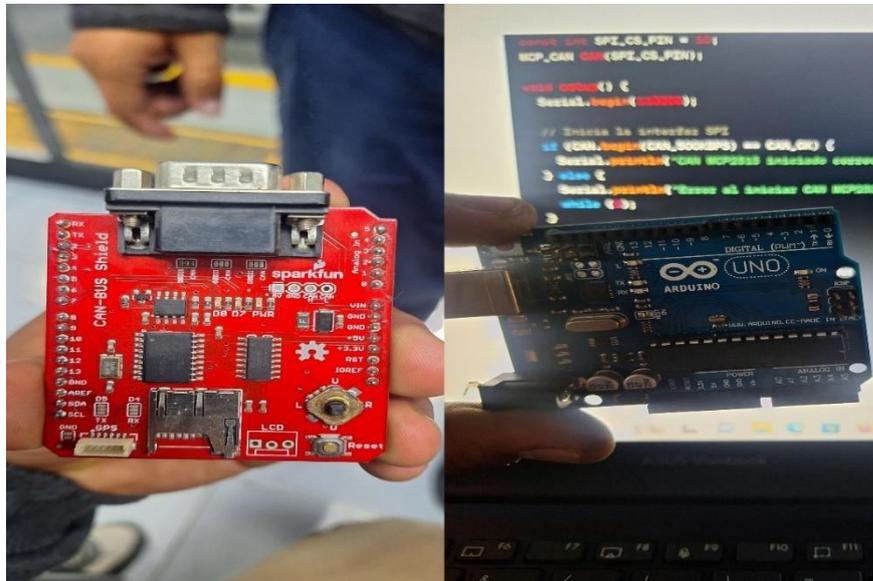
Fuente. (Nissan, 2016)

Una vez revisados el diagrama de circuito y el esquema de conexiones del sistema de dirección, verificamos que el sistema se alimenta de 12 voltios de la batería, y activa un relé de conexión. Sin embargo, el motor eléctrico no recibe asistencia debido a la falta de comunicación por red CAN, que es necesaria para recibir la información de los sistemas ABS (sistema de frenado asistido) y de las revoluciones de giro del motor, por medio del PCM (módulo de control de potencia). Dichas señales permiten el inicio de la operatividad del módulo del sistema de dirección electroasistida.

En este caso, al ser un banco didáctico del sistema de dirección EPS, utilizaremos una placa de microprocesadores de código abierto "Arduino Uno" y un módulo CAN Bus, basados en principios de software y hardware fáciles de usar. Básicamente, esta

herramienta nos permitirá emular las señales de velocidad y las señales de red CAN Bus para accionar el motor eléctrico del sistema de dirección, que es el objetivo de este trabajo. (fundacion Aquae, 30).

Ilustración 10. CAN-BUS “Shield” y Arduino Uno



Fuente. Elaboración propia (2024).

Tabla 1. Procedimiento para la programación del Software

Materiales Utilizados	Conexiones	Código de Arduino
--------------------------	------------	-------------------

<p>Arduino Uno</p> <p>CAN-BUS Shield</p> <p>- DEV-13262</p> <p>Potenciómetro</p>	<p>CAN-BUS Shield:</p> <p>Conecta la CAN-BUS Shield al Arduino Uno directamente. La shield usa los pines SPI (10, 11,</p>	<pre>#include <SPI.h> #include "mcp_can.h" const int spiCSPin = 10; // Chip select pin for MCP2515 on the CAN-BUS Shield MCP_CAN CAN(spiCSPin); // Set CS pin for CAN-BUS Shield</pre>
--	---	---

	<p>12, 13) del Arduino.</p> <p>Potenciómetro:</p> <p>VCC -> 5V</p> <p>GND -> GND</p> <p>OUT -> Pin A0 (entrada analógica)</p>	<pre> const int potPin = A0; // Pin for potentiometer input const int canID = 0x100; // CAN ID for the motor control message void setup() { Serial.begin(115200); // Initialize CAN bus if (CAN.begin(CAN_500KBPS) == CAN_OK) { Serial.println("CAN bus initialized"); } else { Serial.println("CAN bus initialization failed"); while (1); } pinMode(potPin, INPUT); // Initialize potentiometer pin } </pre>
--	--	---

		<pre>void loop() { int potValue = analogRead(potPin); // Read potentiometer value int motorSpeed = map(potValue, 0, 1023, 0, 255); // Map pot value to 0-255 range // Create CAN message to control motor byte canMessage[2]; canMessage[0] = 0x01; // Command to control motor canMessage[1] = motorSpeed; // Motor speed from potentiometer // Send CAN message if (CAN.sendMsgBuf(canID, 0, 2, canMessage) == CAN_OK) { Serial.print("CAN message sent: "); Serial.print(canMessage[0], HEX); Serial.print(" "); Serial.println(canMessage[1]); } else {</pre>
--	--	---

		<pre>Serial.println("Error sending CAN message"); } delay(100); // Small delay for stability }</pre>
--	--	---

Fuente. Elaboración propia (2024).

5.5. Calibración y ajuste

Montamos los componentes de la columna de dirección en la estructura diseñada y realizamos la sujeción y distribución de la cremallera y los terminales de dirección.

También instalamos el sistema eléctrico para alimentar la columna de dirección con corriente continua, y agregamos un interruptor para controlar su activación. El “Arduino Uno” proporciona la señal CAN-BUS necesaria para su funcionamiento.

Ilustración 11. Banco didáctico culminado

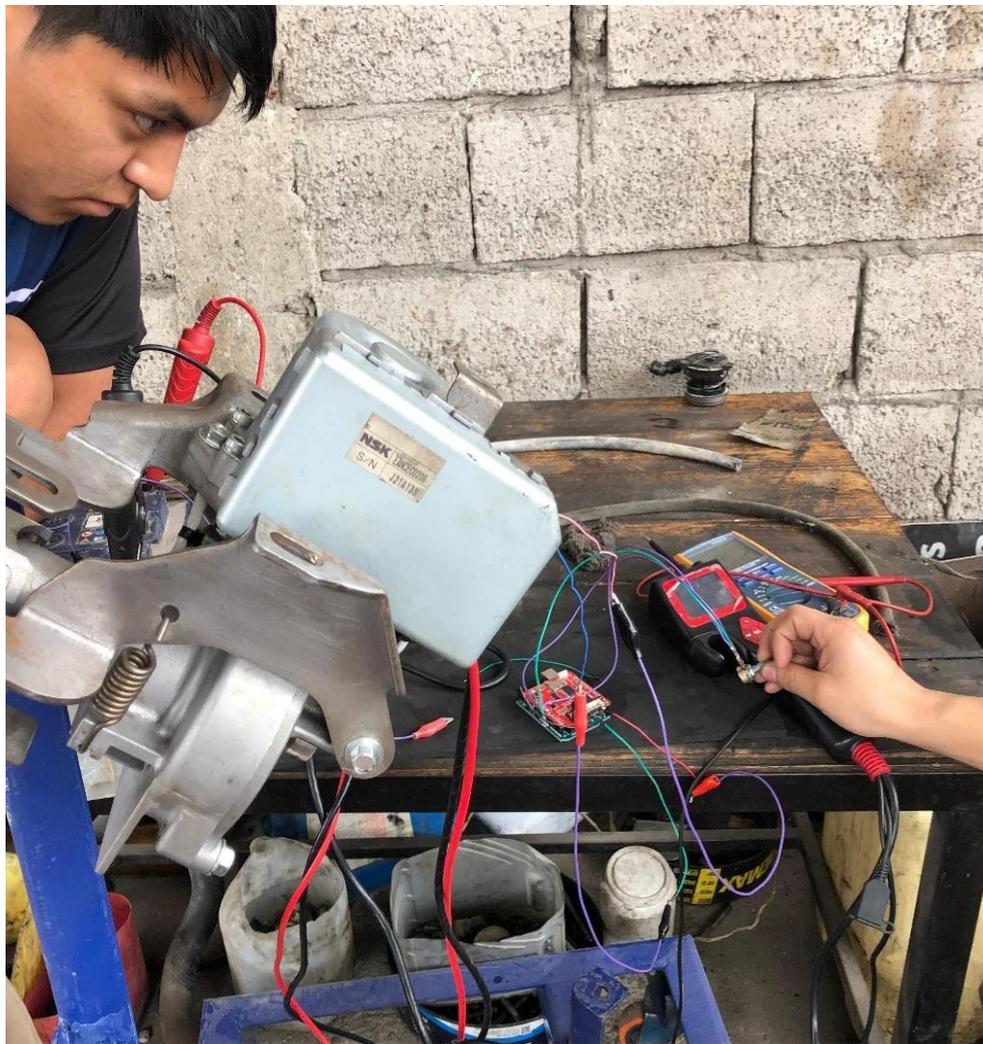


Fuente. Elaboración propia (2024).

5.6. Validación y pruebas

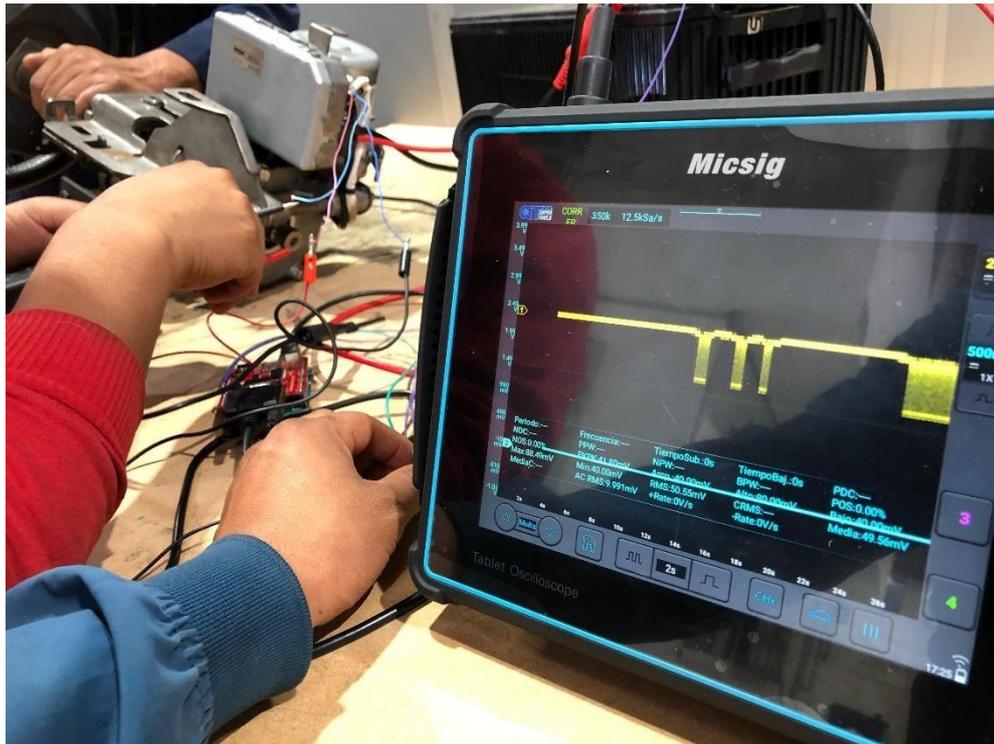
Una vez montados los componentes, procedemos a realizar las pruebas respectivas del funcionamiento del banco. Para la validación y las pruebas, utilizamos un osciloscopio, un escáner y una punta lógica, los cuales nos permiten leer las diferentes señales de los sensores, del módulo y las señales de la red CAN que se programaron anteriormente. De este modo, podemos verificar si las instalaciones eléctricas del banco se realizaron correctamente.

Ilustración 12. *Pruebas de Funcionamiento del banco didáctico*



Fuente. Elaboración propia (2024).

Ilustración 13. *Verificación de señales de CAN High y CAN Low*



Fuente. Elaboración propia (2024).

6. Resultados y conclusiones

6.1. Resultados

- Se logró diseñar un banco didáctico funcional que simula un sistema de dirección electroasistida (EPS) de manera precisa y efectiva.
- Se utilizaron herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) para crear modelos 3D y planos técnicos que guiaran la construcción del banco.
- Se incorporaron todos los componentes clave de un sistema EPS, como la columna de dirección, el motor eléctrico, los sensores de par y ángulo de giro, y la unidad de control electrónica (ECU).
- Se seleccionaron cuidadosamente los materiales y componentes para garantizar un funcionamiento óptimo y duradero del banco didáctico.
- Se desarrolló un software de control utilizando un Arduino Uno y un módulo CAN Bus para emular las señales de red CAN necesarias para el accionamiento del motor eléctrico.

- Se programaron algoritmos de control que permiten ajustar la cantidad de asistencia de dirección proporcionada por el motor eléctrico en función de las entradas de los sensores.
- Se llevó a cabo el ensamblaje y montaje de todos los componentes del banco didáctico, siguiendo los planos y procedimientos establecidos.
- Se realizó la calibración necesaria para garantizar un funcionamiento preciso y confiable del sistema de dirección electroasistida.

6.2. Conclusiones

- La elaboración del banco didáctico funcional proporciona una valiosa herramienta educativa para estudiantes de tecnología e ingeniería automotriz, permitiéndoles comprender los principios teóricos y prácticos de los sistemas de dirección electroasistida.
- El banco didáctico ofrece una plataforma de aprendizaje práctico que complementa la enseñanza en el aula, proporcionando a los estudiantes la oportunidad de interactuar con un sistema realista y funcional.
- La construcción y programación del banco didáctico brinda a los estudiantes la oportunidad de desarrollar habilidades técnicas en áreas como diseño mecánico, electrónica y programación de sistemas embebidos.
- El proyecto fomenta el trabajo en equipo, la resolución de problemas y la creatividad, preparando a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo laboral en el campo automotriz.
- Las pruebas realizadas demostraron la funcionalidad y eficacia del banco didáctico, validando su diseño y proporcionando una herramienta útil para la enseñanza y el aprendizaje de sistemas de dirección electroasistida.
- La retroalimentación de los usuarios, como profesores y estudiantes, será fundamental para realizar mejoras y optimizaciones en versiones futuras del banco didáctico.

7. Lista de referencias

- Auto Avance. (27 de septiembre de 2023). *Funcionamiento de Direcciones Eléctricas [Fotografía]*. Auto Avance: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/104funcionamiento-de-direcciones-electricas/>
- Auto Planet. (11 de 04 de 2024). *¿Qué es la cremallera de distribución y cuáles son sus partes? [Fotografía]*. Auto Planet: <https://autoplanet.pe/blog/que-es-la-cremallera-dedistribucion-y-cuales-son-sus-partes/>
- Blog Mecánicos. (21 de agosto de 2023). *Blog Mecánicos [Fotografía]*. Blog Mecánicos: https://www.godaddy.com/es/whois/results.aspx?itc=dlp_domain_whois&domainName=blogmecanicos.com
- Celera Motion. (01 de junio de 2023). *Guía Introductoria para Sensores de Posición*. Celera Motion: <https://www.celeramotion.com/zettlex/es/asistencia/documentaciontecnica/sensores-de-posicion/>
- Centro Zaragoza. (junio de 2009). *Mecanismos de dirección - Servodirección eléctrica (EPS)*. Centro Zaragoza: http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R40_A7.pdf
- fundacion Aquae. (2020 de octubre de 30). *¿Sabes qué es un Arduino y para qué sirve?* fundacion Aquae: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/sabes-arduino-sirve/>
- Herrera Vivanco , L. E., & Criollo Cabrera , C. A. (2013). *Diseño y construcción de un banco didáctico funcional del sistema de electro dirección asistida [Fotografía]*. Dspace Uzuay: <https://dspace.uzuay.edu.ec/bitstream/datos/2209/1/09671.pdf>
- Kavak. (30 de agosto de 2023). *Dirección electroasistida: tecnología avanzada y conducción fluida*. Kavak: <https://www.kavak.com/mx/blage/direccion-electroasistida-tecnologiaavanzada-y-conduccion-fluida>
- Motor Doctor. (2024). *Columna de dirección + dirección asistida eléctrica para NISSAN X-TRAIL encontrar*. Motor Doctor : <https://www.motordocor.es/columna-dedireccion/nissan/x-trail>
- MotoresAuto. (03 de enero de 2024). *La Dirección Eléctrica O Electroasistida. Qué Es, Cómo Funciona, Tipos, Partes*. MotoresAuto: <https://www.motoresauto.com/direccionelectrica/>
- Nissan. (2016). *Section STC Sistema Control Dirección [Fotografía]*. Nissan: <https://www.nissantecamac.mx/static/agency-go-virtual/Nissan/Landings/Manuales/nissan-2016-xtrail-manual.pdf>
- NKS Americas. (03 de abril de 2023). *Dirección Asistida Eléctrica (EPS)*. NKS Americas: <https://www.nskamericas.com/es/products/automotive/steering-systems/electricpower-steering.html>
- transmi Coch. (10 de junio de 2023). *Sistemas de dirección - Parte I*. transmi Coch:

https://www.transmicoch.com/index.php?option=com_content&view=article&id=20:sistemas-de-direccion-parte-i&catid=5:informacion-y-consejos&Itemid=16

8. Anexos

Anexo 1. Sistema Control Dirección

DIRECCIÓN

SECTION **STC**

SISTEMA CONTROL DIRECCIÓN

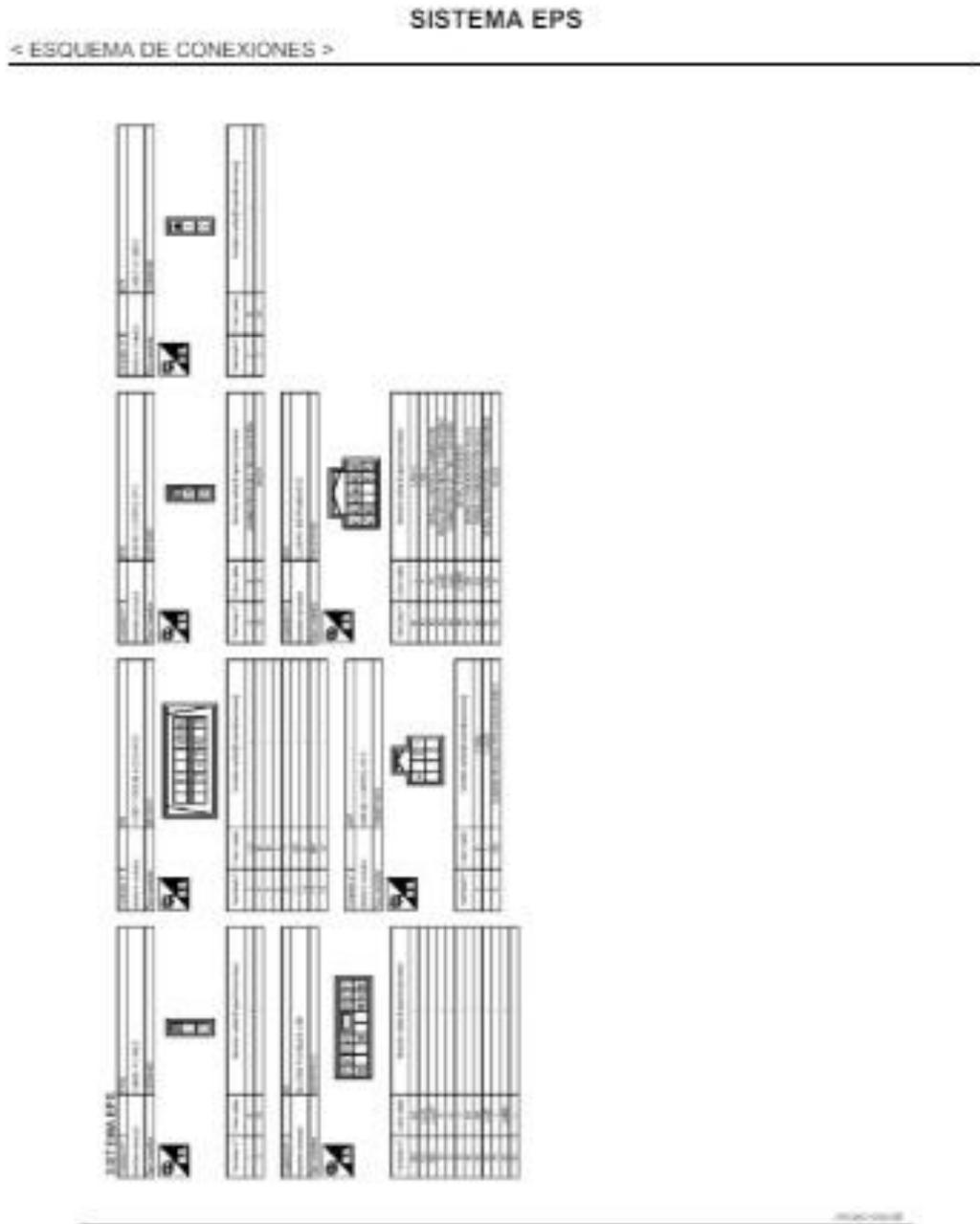
CONTENTS

PRECAUCIÓN	3	SISTEMA EPS : Autoprotección	15	A
PRECAUCIONES	3	SISTEMA EPS : Función de protección	16	B
EXCEPTO MÉXICO Y LATINOAMÉRICA	3	LISTA DE TESTIGOS/INDICADORES/ZUM- BADORES	16	C
EXCEPTO MÉXICO Y LATINOAMÉRICA : Pre- cauciones para el "AIRBAG" y "PRETENSOR DEL CINTURÓN DE SEGURIDAD" del Sistema de seguridad suplementario (SRS)	3	LISTA DE TESTIGOS/INDICADORES/ZUM- BADORES : Testigo/indicador	16	D
EXCEPTO MÉXICO Y LATINOAMÉRICA : Pre- cauciones necesarias para girar el volante de di- rección después de desconectar la batería	3	SISTEMA DE DIAGNÓSTICO (UNIDAD DE CONTROL DE EPS)	17	E
EXCEPTO MÉXICO Y LATINOAMÉRICA : Pre- cauciones para desmontar el borne de la batería	4	Funciones de CONSULT	17	F
EXCEPTO MÉXICO Y LATINOAMÉRICA : Notas para el mantenimiento o precauciones para la ser- vodirección	5	INFORMACIÓN SOBRE DIAGNÓSTICO DE ECU	19	G
MÉXICO Y LATINOAMÉRICA	5	UNIDAD CONTROL EPS	19	H
MÉXICO Y LATINOAMÉRICA : Precauciones para el "AIRBAG" y "PRETENSOR DEL CIN- TURÓN DE SEGURIDAD" del Sistema de segu- ridad suplementario (SRS)	5	Valor de referencia	19	I
MÉXICO Y LATINOAMÉRICA : Precauciones para desmontar el borne de la batería	6	Autoprotección	21	J
MÉXICO Y LATINOAMÉRICA : Notas para el mantenimiento o precauciones para la servodire- cción	7	Función de protección	21	K
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	8	Cuadro de orden de inspección de DTC	21	L
COMPONENTES	8	Índice de DTC	22	M
Ubicación de componentes	8	ESQUEMA DE CONEXIONES	23	N
Unidad de control de EPS	11	SISTEMA EPS	23	O
Motor EPS, sensor de par, engranaje desmultipli- cador	11	Esquema de conexiones	23	P
SISTEMA	13	INSPECCIÓN BÁSICA	25	
SISTEMA EPS	13	FLUJO DE TRABAJO DE DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN	25	
SISTEMA EPS : Descripción del sistema	13	Procedimiento de trabajo	25	
SISTEMA EPS : Diagrama de circuito	15	Hoja de trabajo para diagnóstico	26	
		DTC/DIAGNÓSTICO DE CIRCUITO	28	
		C1601 SUMINISTRO ELÉCTRICO DE LA BATERÍA	28	
		Descripción de DTC	28	
		Procedimiento de diagnóstico	28	
		C1604 SENSOR PAR	31	

STC-1

Fuente. (Nissan, 2015)

Anexo 2. Esquema de conexiones



Fuente. (Nissan, 2015)