



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**ANÁLISIS DE REDES MULTIPLEXADAS Y PROTOCOLOS DE  
COMUNICACIÓN IMPLEMENTADOS EN LOS VEHÍCULOS  
TOYOTA EN DIFERENTES LÍNEAS DE FABRICACIÓN  
MEDIANTE EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:**

**ELVIS JOEL BARRERA BARRERA**

**LUIS HERNAN TIUQUINGA SAGBA**

Riobamba – Ecuador

2024



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**ANÁLISIS DE REDES MULTIPLEXADAS Y PROTOCOLOS DE  
COMUNICACIÓN IMPLEMENTADOS EN LOS VEHÍCULOS  
TOYOTA EN DIFERENTES LÍNEAS DE FABRICACIÓN  
MEDIANTE EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:** ELVIS JOEL BARRERA BARRERA

LUIS HERNAN TIUQUINGA SAGBA

**DIRECTOR:** ING. ÁNGEL JOSÉ QUEVEDO RÍOS

Riobamba – Ecuador

2024

© 2023, Elvis Joel Barrera Barrera & Luis Hernan Tiuquina Sagba

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Elvis Joel Barrera Barrera y Luis Hernan Tiuquina Sagba, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de enero de 2024



**Elvis Joel Barrera Barrera**  
**185062786-8**



**Luis Hernan Tiuquina Sagba**  
**060407294-2**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **ANÁLISIS DE REDES MULTIPLEXADAS Y PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN IMPLEMENTADOS EN LOS VEHÍCULOS TOYOTA EN DIFERENTES LÍNEAS DE FABRICACIÓN MEDIANTE EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO**, realizado por los señores: **ELVIS JOEL BARRERA BARRERA Y LUIS HERNAN TIUQUINGA SAGBA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Milton Javier Solís Santamaría  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



2024-01-15

Ing. Ángel José Quevedo Ríos  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2024-01-15

Ing. Fabián Celso Gunsha Maji  
**ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2024-01-15

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios por brindarme salud y permitirme llegar hasta este momento muy importante en mi vida, a mis padres Cesar y Elvira por ser el pilar fundamental en mi vida universitaria, por los valores y principios implantados en mí. Por su sacrificio y apoyo incondicional que me han permitido poder cumplir uno de mis más grandes sueños, a mis hermanos Liliana y Vladimir por apoyarme y motivarme a siempre luchar por mis objetivos.

**Joel**

Dedico el presente trabajo a mis padres Carlos y Narcisa además de mis hermanos Fabricio y Mateo quienes han sido mi pilar fundamental en etapa académica, a mis segundos padres Eduardo y Piedad, quienes impulsaron mi formación académica desde los primeros pasos, gracias a cada uno de sus valiosos consejos los cuales motivaron a perseverar y concluir con éxito mis estudios académicos.

**Luis**

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia por el apoyo incondicional en las diversas situaciones durante mi formación académica, a docentes y compañeros de la Carrera de Ingeniería Automotriz que compartieron conmigo sus conocimientos y experiencia que contribuyo de gran manera en mi formación profesional, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de formar parte de su institución y formarme como profesional, a mi director y asesor que siempre estuvieron presentes brindando sus conocimientos durante este proceso.

**Joel**

A Dios quien guía mi camino de manera idónea, a mis padres Carlos y Narcisa además de mis hermanos que sin su apoyo y esfuerzo eh logrado cumplir un objetivo de culminación de mis estudios superiores. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por alojarme durante mis años de estudio y brindarme la oportunidad de aprender de excelentes docentes académicos. A todos mis docentes de la Carrera de Ingeniería Automotriz quienes impartieron conocimiento y grandes consejos sin beneficio alguno.

**Luis**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Planteamiento del problema.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Limitaciones y delimitaciones.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.1 Limitaciones.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.2 Delimitaciones.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Problema General de la Investigación.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Problemas específicos de la investigación.....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Objetivos.....</b>	<b>4</b>
<b>1.5.1 Objetivo General.....</b>	<b>4</b>
<b>1.5.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>4</b>
<b>1.6 Justificación.....</b>	<b>4</b>
<b>1.6.1 Justificación Teórica.....</b>	<b>4</b>
<b>1.6.2 Justificación Metodológica.....</b>	<b>5</b>
<b>1.6.3 Justificación Práctica.....</b>	<b>6</b>
<b>1.7 Hipótesis.....</b>	<b>6</b>
<b>1.8 Hipótesis nula.....</b>	<b>6</b>

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Antecedentes de Investigación.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Referencias Teóricas.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.1 Topología de red.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2.2 Tipos de topología del sistema de comunicación.....</b>	<b>10</b>



2.2.3	<i>Sistemas multiplexados</i> .....	11
2.2.4	<i>Los componentes de las redes multiplexadas son dados por:</i> .....	12
2.2.5	<i>Clasificación de las redes multiplexadas</i> .....	12
2.2.6	<i>Tipos de redes de comunicación</i> .....	13
2.2.7	<i>Estudio del sistema multiplexado del Toyota</i> .....	13
2.2.8	<i>Sensores Según Tipos de señales</i> .....	14
2.2.9	<i>Protocolo CAN</i> .....	15
2.2.10	<i>Tipos de redes multiplexadas CAN</i> .....	16
2.2.11	<i>Componentes del módulo CAN</i> .....	17
2.2.12	<i>Capa física del protocolo</i> .....	18
2.2.13	<i>Tramas de datos</i> .....	19

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	21
3.1	<b>Enfoque de la investigación</b> .....	21
3.2	<b>Nivel de Investigación</b> .....	21
3.3	<b>Diseño de la Investigación</b> .....	22
3.3.1	<i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i> .....	22
3.3.2	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i> .....	22
3.4	<b>Tipo de estudio</b> .....	22
3.5	<b>Población</b> .....	23
3.5.1	<i>Planificación</i> .....	26
3.5.2	<i>Selección</i> .....	26
3.5.3	<i>Tamaño de muestra</i> .....	27
3.6	<b>Vehículos de prueba</b> .....	27
3.7	<b>Métodos, técnicas e instrumentos de investigación</b> .....	32
3.7.1	<i>Instrumentos de diagnóstico automotriz</i> .....	32
3.7.2	<i>Análisis de manuales de taller y diagramas eléctricos</i> .....	32
3.7.3	<i>Selección de equipos de diagnóstico</i> .....	33
3.7.3.1	<i>Escáner Automotriz</i> .....	33
3.7.3.2	<i>Osciloscopio automotriz</i> .....	34
3.7.3.3	<i>Multímetro automotriz</i> .....	35
3.7.4	<i>Identificación del puerto DLC y protocolos utilizados</i> .....	35
3.7.5	<i>Conexión del instrumento de diagnosis para adquirir las topologías</i> .....	36
3.7.6	<i>Obtención de la configuración topológica de cada vehículo</i> .....	36

3.7.7	<i>Identificación de módulos activos en cada vehículo.</i>	37
3.7.8	<i>Conexión del osciloscopio automotriz.</i>	38
3.7.9	<i>Obtención de las señales a través del osciloscopio.</i>	39
3.7.10	<i>Cálculo de la velocidad de transmisión.</i>	40
3.7.11	<i>Análisis de la decodificación de trama del sistema multiplexado</i>	40
3.7.12	<i>Medición de la resistencia de la red</i>	41

## CAPÍTULO IV

4.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>	42
4.1	<b>Procesamiento, análisis e interpretación de resultados</b>	42
4.1.1	<i>Análisis bibliográfico de la red multiplexada</i>	42
4.1.1.1	<i>Análisis de la red multiplexada del Toyota Yaris 2009</i>	42
4.1.1.2	<i>Análisis de la red multiplexada del Toyota Prius Híbrido 2010</i>	45
4.1.1.3	<i>Análisis de la red multiplexada del Toyota Yaris 2020</i>	52
4.1.2	<b>Topología de los sistemas multiplexados.</b>	54
4.1.2.1	<i>Toyota Yaris 2009</i>	55
4.1.2.2	<i>Toyota Prius 2010</i>	56
4.1.2.3	<i>Toyota Yaris 2020</i>	57
4.1.3	<b>Análisis de las Redes disponibles en los vehículos.</b>	58
4.1.3.1	<i>Análisis del CAN BUS LOW del automóvil Toyota modelo Yaris 2009</i>	59
4.1.3.2	<i>Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama</i>	60
4.1.3.3	<i>Análisis del CAN HIGH BUS del automóvil Toyota modelo Yaris 2009</i>	62
4.1.3.4	<i>Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama</i>	63
4.1.3.5	<i>Análisis del CAN BUS LOW del automóvil Toyota modelo PRIUS HÍBRIDO 2010</i>	64
4.1.3.6	<i>Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama</i>	65
4.1.3.7	<i>Análisis del CAN HIGH BUS del automóvil Toyota modelo PRIUS HÍBRIDO 2010</i>	67
4.1.3.8	<i>Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama</i>	68
4.1.3.9	<i>Análisis del CAN BUS CONFORT del automóvil Toyota modelo Prius 2010</i>	69
4.1.3.10	<i>Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama</i>	71
4.1.3.11	<i>Análisis del CAN BUS LOW del automóvil Toyota modelo Yaris 2020</i>	71
4.1.3.12	<i>Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama</i>	72
4.1.3.13	<i>Análisis del CAN HIGH BUS del automóvil Toyota modelo Yaris 2020</i>	74
4.1.3.14	<i>Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama</i>	75
4.1.4	<b>Medición de las resistencias de la red</b>	76
4.2	<b>Discusión</b>	77

<b>4.3</b>	<b>Comprobación de la hipótesis.....</b>	<b>79</b>
------------	--	-----------

## **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>80</b>
<b>5.1</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>80</b>
<b>5.2</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>83</b>

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b>	Clasificación de las redes multiplexadas .....	12
<b>Tabla 2-2:</b>	Velocidad de transmisión del CAN bus con respecto a la distancia.....	15
<b>Tabla 3-1:</b>	Ranking mundial de las marcas automovilísticas por venta en 2022 .....	23
<b>Tabla 3-2:</b>	Ventas anuales de Toyota.....	24
<b>Tabla 3-3:</b>	Ventas de vehículos en unidades según la marca (2018-2022) .....	24
<b>Tabla 3-4:</b>	Tabla de planificación .....	26
<b>Tabla 3-5:</b>	Ficha técnica Toyota Yaris 2009.....	28
<b>Tabla 3-6:</b>	Ficha técnica Toyota Prius 2021 .....	29
<b>Tabla 3-7:</b>	Ficha técnica Toyota Yaris 2021 .....	31
<b>Tabla 4-1:</b>	Voltajes referenciales de la red CAN LOW Toyota Yaris 2009 .....	59
<b>Tabla 4-2:</b>	Decodificación de la trama Can Low Toyota Yaris 2009 .....	61
<b>Tabla 4-3:</b>	Voltajes referenciales de la red CAN HIGH Toyota Yaris 2009 .....	62
<b>Tabla 4-4:</b>	Decodificación de la trama Can High Toyota Yaris 2009.....	64
<b>Tabla 4-5:</b>	Voltajes referenciales de la red CAN LOW Toyota Prius 2010.....	65
<b>Tabla 4-6:</b>	Decodificación de la trama Can Low Toyota Prius 2010.....	66
<b>Tabla 4-7:</b>	Voltajes referenciales de la red CAN HIGH Toyota Prius 2010.....	67
<b>Tabla 4-8:</b>	Decodificación de la trama Can High Toyota Prius 2010 .....	69
<b>Tabla 4-9:</b>	Voltajes referenciales de la red CAN HIGH CONFORT Toyota Prius 2010 .....	70
<b>Tabla 4-10:</b>	Voltajes referenciales de la red CAN LOW CONFORT Toyota Prius 2010 .....	70
<b>Tabla 4-11:</b>	Voltajes referenciales de la red CAN LOW Toyota Yaris 2020 .....	72
<b>Tabla 4-12:</b>	Decodificación de la trama Can Low Toyota Yaris 2020 .....	73
<b>Tabla 4-13:</b>	Voltajes referenciales de la red CAN HIGH Toyota Yaris 2020 .....	74
<b>Tabla 4-14:</b>	Decodificación de la trama Can High Toyota Yaris 2020.....	76
<b>Tabla 4-15:</b>	Resistencias entre la red Can H y Can L en los vehículos.....	77

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b>	Topologías de red.....	10
<b>Ilustración 2-2:</b>	Ejemplo de arquitectura de red dentro del automóvil (Toyota Prius 2010)...	11
<b>Ilustración 2-3:</b>	Velocidad de transmisión de datos .....	13
<b>Ilustración 2-4:</b>	Comportamiento de onda senoidal y onda digital.....	14
<b>Ilustración 2-5:</b>	Esquema básico de red CAN Bus .....	16
<b>Ilustración 2-6:</b>	Componentes del bus CAN.....	17
<b>Ilustración 2-7:</b>	Niveles de tensión del CAN bus .....	18
<b>Ilustración 2-8:</b>	Formato de trama de datos estándar CAN .....	19
<b>Ilustración 2-9:</b>	Campo de arbitraje.....	20
<b>Ilustración 2-10:</b>	Campo de control.....	20
<b>Ilustración 3-1:</b>	Proceso Cualitativo .....	21
<b>Ilustración 3-2:</b>	Vehículos livianos (Automóvil, SUV y Camioneta) .....	24
<b>Ilustración 3-3:</b>	Livianos (Automóvil, SUV y Camioneta) .....	25
<b>Ilustración 3-4:</b>	Vehículo 1 Toyota Yaris 2009.....	27
<b>Ilustración 3-5:</b>	Vehículo Toyota Prius .....	29
<b>Ilustración 3-6:</b>	Vehículo Toyota Yaris 2020.....	30
<b>Ilustración 3-7:</b>	Plataforma Mitchell 1 .....	33
<b>Ilustración 3-8:</b>	Escáner Autel MaxiSys Ultra.....	34
<b>Ilustración 3-9:</b>	Osciloscopio Maxi Flash VCMII.....	34
<b>Ilustración 3-10:</b>	Multímetro automotriz DT-9205M.....	35
<b>Ilustración 3-11:</b>	CAN Test Box OBDII .....	35
<b>Ilustración 3-12:</b>	Conexión del escáner automotriz Autel Maxisys Ultra al vehículo.....	36
<b>Ilustración 3-13:</b>	Módulos conectados a la red de un Toyota Yaris (2009) .....	37
<b>Ilustración 3-14:</b>	Conexión del osciloscopio al vehículo Yaris (2009) .....	38
<b>Ilustración 3-15:</b>	Conexión de los pines del osciloscopio al vehículo Yaris (2009) .....	38
<b>Ilustración 3-16:</b>	Señal CAN High de un Toyota Yaris (2021).....	39
<b>Ilustración 3-17:</b>	Decodificación de la trama de datos CAN Low de un Toyota Yaris (2009) .	39
<b>Ilustración 3-18:</b>	Decodificación de la trama de datos CAN de un Toyota Prius (2010).....	41
<b>Ilustración 3-19:</b>	Resistencia entre las redes Can H y Can L .....	41
<b>Ilustración 4-1:</b>	Diagrama del sistema eléctrico del Toyota Yaris 2009 .....	43
<b>Ilustración 4-2:</b>	Diagrama del sistema eléctrico del Toyota Yaris 2009 .....	44
<b>Ilustración 4-3:</b>	Diagrama del sistema eléctrico del Toyota Prius híbrido 2010 .....	45
<b>Ilustración 4-4:</b>	Diagrama del sistema eléctrico del Toyota Prius Híbrido 2010 .....	46

<b>Ilustración 4-5:</b>	Diagrama del sistema eléctrico del Toyota Prius Híbrido 2010 .....	48
<b>Ilustración 4-6:</b>	Diagrama del sistema eléctrico del Toyota Prius Híbrido 2010 .....	51
<b>Ilustración 4-7:</b>	Diagrama del sistema eléctrico del Toyota Yaris 2020 .....	52
<b>Ilustración 4-8:</b>	Diagrama del sistema eléctrico del Toyota Yaris 2020 .....	54
<b>Ilustración 4-9:</b>	Topología Toyota Yaris (2009) .....	56
<b>Ilustración 4-10:</b>	Topología Toyota Prius (2010).....	57
<b>Ilustración 4-11:</b>	Topología Toyota Yaris (2020) .....	58
<b>Ilustración 4-12:</b>	Comportamiento de onda CAN LOW Toyota modelo Yaris 2009.....	59
<b>Ilustración 4-13:</b>	Decodificación de la trama Can Low Toyota modelo Yaris 2009.....	60
<b>Ilustración 4-14:</b>	Comportamiento de onda CAN HIGH Toyota modelo Yaris 2009.....	62
<b>Ilustración 4-15:</b>	Decodificación de la trama Can High Toyota modelo Yaris 2009 .....	63
<b>Ilustración 4-16:</b>	Comportamiento de onda CAN LOW Toyota modelo Prius 2010 .....	64
<b>Ilustración 4-17:</b>	Decodificación de la trama Toyota modelo Prius 2010.....	66
<b>Ilustración 4-18:</b>	Comportamiento de onda CAN HIGH Toyota modelo Prius 2010 .....	67
<b>Ilustración 4-19:</b>	Decodificación de la trama Toyota modelo Prius 2010.....	68
<b>Ilustración 4-20:</b>	Comportamiento de la red Can Confort Toyota modelo Prius 2010 .....	70
<b>Ilustración 4-21:</b>	Comportamiento de onda CAN LOW Toyota modelo Yaris 2020.....	71
<b>Ilustración 4-22:</b>	Decodificación de la trama Toyota modelo Yaris 2020 .....	73
<b>Ilustración 4-23:</b>	Comportamiento de onda CAN HIGH Toyota modelo Yaris 2020.....	74
<b>Ilustración 4-24:</b>	Decodificación de la trama Toyota modelo Yaris 2020 .....	75

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** EQUIPO UTILIZADO PARA EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN: ESCÁNER Y EL OSCILOSCOPIO (AUTEL MAXISYS ULTRA).
- ANEXO B:** CONEXIÓN A LOS PINES CORRESPONDIENTES DE LA RED CAN EN LA BMS.
- ANEXO C:** CAJA DE DESCONEXIÓN AUTOMOTRIZ OTC 3415.
- ANEXO D:** CONEXIÓN A LOS PINES CORRESPONDIENTES A LA RED CAN EN LA BMS.
- ANEXO E:** SEÑALES OBTENIDAS DE RED CAN DE BAJA VELOCIDAD DE LA BMS DEL TOYOTA PRIUS 2010.
- ANEXO F:** CONEXIÓN DEL OSCILOSCOPIO Y CAJA DE DESCONEXIÓN AL PUERTO DLC3 DE TOYOTA YARIS 2009.
- ANEXO G:** CONEXIÓN DEL OSCILOSCOPIO AL VEHÍCULO TOYOTA YARIS 2020.
- ANEXO H:** CONEXIÓN DE ESCÁNER AUTOMOTRIZ AL VEHÍCULO TOYOTA YARIS 2020.
- ANEXO I:** CONEXIÓN DEL MULTÍMETRO AUTOMOTRIZ AL PUERTO DLC3.
- ANEXO J:** MEDICIÓN DE RESISTENCIAS DEL PUERTO DLC3 ENTRE LOS PINES 6 Y 14.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación surgió por el difícil acceso a estudios e investigaciones de los protocolos de comunicación y sistemas multiplexados con ventajas de reducción de cableado y de la electrónica, debido a la privacidad de información técnica por parte de las empresas. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue analizar los sistemas multiplexados, protocolos de comunicación, topología, velocidad de transmisión de datos y resistencias internas de la red implementada en los vehículos de la marca Toyota en diferentes líneas de fabricación, donde se utilizó un muestreo no probabilístico concluyendo en dos Toyota Yaris y uno Prius. Para el desarrollo de la investigación se utilizó un análisis documental, empleando recursos bibliográficos, estudios, conceptos y artículos científicos relacionados a las redes de comunicación de los vehículos, sumado al análisis del sistema multiplexado y comprobaciones en cada uno de los vehículos como: resistencia entre los canales, tensiones, señales obtenidas y velocidad de transmisión de datos mediante los equipos de diagnóstico automotriz de gama alta: osciloscopio automotriz, escáner automotriz y multímetro automotriz, toda esta información y datos registrados se compararon con los parámetros dictaminados por el fabricante Toyota. Entre los principales resultados se encontró que la topología de la red de los vehículos tiene mucha similitud a pesar del año de fabricación y modelo del vehículo, pero la velocidad de transmisión de datos de cada una de las redes cambió considerablemente en cada uno de los vehículos, debido a varios factores expuestos en la presente investigación, mientras que la resistencia entre los pines 6 y 14 correspondientes a las redes Can High y Can Low respectivamente son las mismas que declara el fabricante. Para finalizar, se recomienda el uso del diagrama eléctrico y manuales de los vehículos para obtener datos objetivos y reales con los equipos de diagnóstico adecuados.

**Palabras clave:** <SISTEMA MULTIPLEXADO>, <PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN>, <CONTROLLER AREA NETWORK (CAN BUS)>, <TOYOTA>, <EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO>.



**23-01-2023**

**0158-DBRA-UPT-2024**



## SUMMARY

This research work arose due to the difficult access to studies and research on communication protocols and multiplexed systems with advantages of reduced wiring and electronics, due to the privacy of technical information by the companies. Therefore, the objective of this research was to analyze the multiplexed systems, communication protocols, topology, data transmission speed and internal resistances of the network implemented in Toyota vehicles in different manufacturing lines, where a non-probabilistic sampling was used, concluding in two Toyota Yaris and one Prius. For the development of the investigation a documentary analysis was used, using bibliographic resources, studies, concepts and scientific articles related to the communication networks of the vehicles, added to the analysis of the multiplexed system and verifications in each one of the vehicles as: resistance between the channels, tensions, obtained signals and speed of data transmission by means of the equipment of automotive diagnosis of high range: automotive oscilloscope, automotive scanner and automotive multimeter. All this information and registered data were compared with the parameters dictated by the manufacturer Toyota. Among the main results it was found that the topology of the network of the vehicles has a lot of similarity despite the year of manufacture and model of the vehicle, but the data transmission speed of each of the networks changed considerably in each of the vehicles, due to several factors exposed in this research, while the resistance between pins 6 and 14 corresponding to the Can High and Can Low networks respectively are the same as stated by the manufacturer. To conclude, it is recommended the use of the electrical diagram and manuals of the vehicles to obtain objective and real data with the appropriate diagnostic equipment.

**Keywords:** <MULTIPLEXED SYSTEM>, <COMMUNICATION PROTOCOL>, <CONTROLLER AREA NETWORK (CAN)>, <TOYOTA>, <DIAGNOSTIC EQUIPMENT>.



Lic. Sandra Paulina Porrás Pumalema Mgs.

C.I. 0603357062

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad la industria automotriz ha logrado posicionarse como uno de los grandes responsables de la revolución industrial con sus avances tecnológicos que, con el pasar del tiempo se han modificado los sistemas del vehículo volviéndolos más complejos basados en la electrónica como su principal objetivo. Estos módulos electrónicos del vehículo deben conectarse a un sistema común que permita la transferencia de datos entre módulos de una manera eficaz con la finalidad de incrementar la seguridad y el confort de sus ocupantes. A esta comunicación se la conoce como sistema multiplexado cuya finalidad es enlazar señales eléctricas que provienen de todos los sistemas electrónicos, sensores y actuadores del vehículo para compartir la información a través de todos los módulos mediante un solo canal de comunicación y así poder reducir el volumen de cableado del vehículo.

En el presente trabajo de titulación se analizará la topología, protocolos de comunicación y velocidad de transmisión de datos de una red común en los vehículos Toyota Yaris Nitro 2009, Toyota Yaris 2020, Toyota Prius 2010. Esta investigación se la llevara a cabo mediante la utilización de equipos de diagnóstico automotriz para determinar el funcionamiento del sistema y cómo ha evolucionado la marca en el tema de la electrónica de sus vehículos. El estudio de los componentes que conforman el sistema multiplexado en cada uno de los vehículos se basara en referencias bibliográficas, manuales de servicio, diagramas eléctricos, artículos científicos y análisis realizados. Se demostrará la topología y velocidad de transmisión de datos de los sistemas multiplexados de los vehículos mediante mediciones con equipos de diagnóstico e información del manual de servicio de cada uno de los vehículos utilizados en la investigación.

Para el desarrollo de esta investigación se propuso una serie de etapas a seguir con la finalidad de seguir un orden cronológico en la investigación partiendo de una base teórica para poder explicar el funcionamiento y definición de las redes multiplexadas. La metodología y procedimiento utilizado para el estudio, el análisis de resultados y finalizamos nuestra investigación con las conclusiones y recomendaciones donde se reflejará el funcionamiento, velocidad de transmisión de datos y comprobación de los sistemas multiplexados elegidos en los vehículos mencionados.

Con este trabajo de investigación se busca reflejar el conocimiento adquirido durante el tiempo de estudio en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo la cual servirá como base de datos y bibliográfica para futuras investigaciones en el área.

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Planteamiento del problema

Los avances tecnológicos en la industria automotriz han llevado a las empresas a proteger su información técnica y avances tecnológicos en ciertas áreas específicas la cual la convierte en un lugar de difícil acceso o la obtención de escasa información referente a los sistemas multiplexados de los vehículos. A esto debemos sumarle los pocos estudios e investigaciones realizadas en el campo automotriz hacia las redes multiplexadas como su funcionamiento y aplicaciones en el campo, ocasionando que la comprensión de estos sistemas en nuestro país se vuelva complejo. Se observa la necesidad de describir un proceso el cual permita a los lectores, estudiantes y demás tomar mejores decisiones al realizar un diagnóstico a través de este tipo de redes de tal manera que en menos tiempo se obtendrá una solución. Además, se debería tomar en cuenta que al momento de presentarse un problema o fallo en este tipo de sistemas se debería contar con un amplio conocimiento del tema para poder brindar una solución eficaz.

En general el sistema multiplexado, así como presenta ventajas como la reducción del cableado y la electrónica del automóvil tenemos los desafíos que debemos afrontar en cuanto a la complejidad y seguridad de este tipo de sistemas que deben ser tratados con precaución.

#### 1.2 Limitaciones y delimitaciones

##### *1.2.1 Limitaciones*

En la mayoría de los talleres automotrices del país los equipos de diagnóstico que se utilizan no cumplen con los requerimientos necesarios para poder realizar un análisis profundo sobre los sistemas multiplexados y protocolos de comunicación en el automóvil. Los problemas de compatibilidad y acceso a los sistemas de las diferentes marcas en nuestro país representan una gran desventaja en nuestro medio, esto sumado a la complejidad de esta tecnología al momento de diagnosticar o reparar algún problema. Los costos de las herramientas especializadas para diagnosticar y reparar los sistemas multiplexados son elevados.

Los fallos numerosos que se producen en el área de comunicación del automóvil son considerables, donde los técnicos carecen del conocimiento necesario para brindar soluciones a

los inconvenientes generados que se presentan debido al desconocimiento de las redes multiplexadas. Esto lo convierte en un área potencial y necesaria a explotar dentro de la industria automotriz del país y se podría contribuir al desarrollo de la información que servirá para futuras investigaciones.

### **1.2.2 Delimitaciones**

<b>Objetivo del estudio</b>	Analizar las redes multiplexadas comunes y protocolos de comunicación en vehículos de marca Toyota en diferentes líneas de fabricación mediante equipos de diagnóstico para mejorar en el ámbito del diagnóstico automotriz.
<b>Línea de investigación</b>	Análisis de Redes Multiplexadas en un vehículo y sus protocolos de comunicación.
<b>Campo de acción</b>	Vehículos de la marca Toyota (Yaris nitro 2009, Yaris 2021, Prius 2010).
<b>Limite espacial</b>	Ecuador, Chimborazo, Riobamba Vehículos de la marca Toyota comúnmente usados dentro de la ciudad donde se realizó el estudio.
<b>Delimitación temporal</b>	Año 2023

### **1.3 Problema General de la Investigación**

¿La complejidad de los sistemas multiplexados en el automóvil requiere de un vasto conocimiento sobre el tema y herramientas específicas para poder brindar un diagnóstico y solucionar los problemas que se presenten?

### **1.4 Problemas específicos de la investigación.**

¿Los equipos de diagnóstico automotriz comúnmente usados en nuestro medio cumplen con los requerimientos para poder realizar un análisis, diagnóstico y/o reparación de las redes multiplexadas en los automóviles?

¿El acceso a la información técnica de las redes multiplexadas en los automóviles es uno de los grandes inconvenientes al momento de realizar un diagnóstico o reparación del sistema?

¿Los costos de las herramientas, equipos de diagnóstico y acceso a la información en el área son demasiado elevados?

## **1.5 Objetivos**

### ***1.5.1 Objetivo General***

Analizar las redes multiplexadas y protocolos de comunicación implementados en los vehículos Toyota en diferentes líneas de fabricación mediante equipos de diagnóstico automotriz en busca de una detección eficaz en el proceso de reparación de la intercomunicación del automóvil.

### ***1.5.2 Objetivos Específicos***

- Analizar la información bibliográfica, estudios y artículos científicos relacionados con todo los componentes eléctricos y electrónicos que conforman un sistema multiplexado.
- Identificar la topología y las técnicas de comunicación en los tres vehículos de la marca Toyota, dos del modelo Yaris y uno del modelo Prius para conocer cómo se conectan y transmiten la información entre los dispositivos y sistemas electrónicos mediante los diagramas eléctricos y manual de servicio de cada modelo.
- Calcular la velocidad de transmisión de datos de cada red y decodificación de las tramas presentes en los tres vehículos de marca Toyota.
- Identificar los equipos de diagnóstico automotriz verificando su información técnica y aplicaciones en el medio que se enlacen a la comunicación de estas redes y protocolos de comunicación del vehículo.
- Verificar si las redes de comunicación de cada vehículo tienen los valores de resistencia dentro de las especificaciones propuestas por el fabricante y cómo puede determinar una avería del sistema en base a su resistencia interna.
- Comparar los protocolos de comunicación entre los tres vehículos de la marca Toyota mediante la información de sus diagramas eléctricos y manuales de servicio para constatar los avances tecnológicos en las diferentes líneas de fabricación.

## **1.6 Justificación**

### ***1.6.1 Justificación Teórica***

Los sistemas electrónicos en la industria automotriz han logrado un crecimiento considerable en los últimos años, cada vez más elementos electrónicos que intentan reducir al máximo el trabajo realizado por varios componentes o incluso reemplazar a todo un sistema en busca de eficiencia, confort y seguridad para los usuarios de automóviles.

Bajo estas condiciones toma fuerza el nombre de sistema multiplexado como una de las estrategias que buscan diversos beneficios respecto a la comunicación del vehículo entre los que podemos destacar la reducción del cableado del vehículo y la velocidad de transmisión de datos entre módulos del vehículo.

Las averías de las redes multiplexadas en los vehículos establecen un área de estudio relevante debido a la complejidad en sus sistemas de comunicación. Debido a los alcances de la tecnología actual se busca mejorar en el entendimiento del funcionamiento de los sistemas multiplexados del automóvil en busca de mejorar en el ámbito del diagnóstico y reparación de las redes de comunicación en los vehículos actuales.

Se examinará la configuración de las redes multiplexadas y protocolos de comunicación para describir la estructura de la comunicación en los tres vehículos de marca Toyota de modelo Yaris y Prius con el fin de identificar los diferentes tipos de comunicación que tienen el automóvil dependiendo de su requerimiento. La gran importancia del diagnóstico y reparación de las nuevas tecnologías automotrices que busca seguridad en la conducción, confort, reducir las emisiones contaminantes y el consumo de combustible.

Esto se llevará a cabo mediante una metodología experimental enfocada al diagnóstico automotriz partiendo de un análisis de la estructura de la red, tipo de comunicación, velocidad de transmisión de datos y protocolos de comunicación de los vehículos.

Al finalizar el presente trabajo de titulación se logrará consolidar el conocimiento adquirido durante nuestra etapa académica en la universidad, estando en las capacidades de detectar una falla y solucionarla de una manera adecuada. También se proporcionará toda la información obtenida en el trabajo para futuras investigaciones.

### ***1.6.2 Justificación Metodológica***

El trabajo investigativo busca evidenciar la aplicación de ingeniería inversa para obtener los parámetros de funcionamiento específicos del sistema multiplexado y los protocolos de comunicación de cada uno de los automóviles de la marca Toyota mediante la utilización de equipos de diagnóstico automotriz, diagramas eléctricos y manuales de servicio aplicando una investigación de campo y procedimientos ya antes definidos para poder desarrollar el mismo.

### **1.6.3 Justificación Práctica**

La presente investigación queda justificada mediante la práctica de ingeniería inversa aplicada en el sistema multiplexado en los vehículos de marca Toyota, dos de modelo Yaris y uno de modelo Prius. Adicionalmente para el análisis se obtendrá información técnica en referencias bibliográficas, artículos científicos, diagramas eléctricos y manuales de servicio de los vehículos. Las señales obtenidas nos ayudaran a comprender de una mejor manera la comunicación que se lleva a cabo en el vehículo, velocidad de transmisión de datos y los protocolos de comunicación usados por la marca.

El estudio se lo llevará a cabo en la ciudad de Riobamba en las instalaciones del laboratorio de autotrónica en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo mediante la utilización de los equipos de diagnóstico automotriz que dispone el laboratorio y equipos de diagnóstico propios.

### **1.7 Hipótesis**

¿Es factible la aplicación de ingeniería inversa a las redes multiplexadas en vehículos de marca Toyota para acceder a la configuración y trama de datos del sistema de comunicación de los automóviles a través de equipos de diagnóstico automotriz?

### **1.8 Hipótesis nula**

¿No es factible la aplicación de ingeniería inversa a las redes multiplexadas en vehículos de marca Toyota para acceder a la configuración y trama de datos del sistema de comunicación de los automóviles a través de equipos de diagnóstico automotriz?

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de Investigación

En el trabajo de titulación desarrollado por Charro Jarrin aporta con: Hace más de 30 de años, no existía métodos de control de potencia en circuitos. A medida que cada uno de estos se volvieron más sofisticados, la electrónica se utilizó para personalizarlos de tal forma que sus costos eran elevados y tecnologías poco accesibles, lo cual conlleva al análisis de métodos que se puedan ejecutar a través de diferentes herramientas llevar un diagnóstico eficaz (Jarrin Charro, 2009, p.12).

En el trabajo de titulación desarrollado por López Jenny aporta con: Se han realizado varios análisis topológicos de diferentes automotores, conforme a su fabricante, cada una de sus estructuras electrónicas difieren estos componentes y configuración los cuales se encuentran inmersos en los vehículos, en la actualidad los sistemas multiplexados con diferentes protocolos de comunicación, se los pude identificar a través de los diagramas eléctricos y manuales de taller que plasman los fabricantes es allí donde el técnico automotriz usa su retrospectiva y conocimiento adquirido para determinar los componentes existentes los cuales guiaran hacia el objetivo (López, 2021, p.15).

En el trabajo de titulación desarrollado por Requema Martínez aporta con: El objetivo de cada una de estas investigaciones fortalece el conocimiento y genera una visión clara de la importancia la cual se determinan varios procesos y procedimientos adecuados para una reparación técnica en todos los tipos de comunicación. Lo cual contiene ejemplos y aplicaciones funcionales específicas las cuales emplean la facilidad de utilización de los sistemas y protocolos, por lo cual se encuentra la investigación e implementación. Para lo cual se hace uso la utilización de los proyectos en los que inicialmente no se había planteado su uso por falta tiempo o recursos (Martínez Requena, 2017, p.18).

En el trabajo de titulación desarrollado por Peñafiel Figueroa aporta con: Los estudios posteriores presentan conceptos detallados, procedimientos y aplicaciones en un sistema multiplexado, en el cual los diferentes procesos ayudaran a los analistas de cada uno de estos sistemas de tal forma que se generen soluciones a diferentes inconvenientes que se suscitan durante el bus de datos que se da entre distintas unidades de control electrónica. Con los antecedentes de esto se adopta una base en la cual se apoye a la hora de desarrollar e implementar proyectos con la tecnología de



redes multiplexadas y protocolos de comunicación, tenemos una guía que muestra lo que se viene desarrollando a lo largo de los años de estudio, lo cual genero diversas soluciones y técnicas para la implementación, despliegue y utilización de estos sistemas y protocolos (Figueroa Peñafiel, 2015, p.15).

En el trabajo de titulación desarrollado por Vela Sánchez aporta con: Estudios posteriores buscan mejorar la compresión acerca de su funcionamiento y operación de la transferencia de información emitida por las señales eléctricas de los diferentes componentes electrónicos, del mismo modo que generan un apartado para la metodología utilizada para la obtención de los valores de sensores y actuadores. Situamos varias características de las redes de comunicación utilizadas dentro del automóvil, lo cual en la actualidad se destacan la velocidad de transmisión y la seguridad de los datos que mantiene cada uno de los fabricantes de las diferentes líneas. La investigación de los protocolos LIN, VAN, CAN, MOST, FLEXRAY Y CAN tienen gran incidencia en el mundo automovilístico, lo cual permite la reducción del cableado mejor eficiencia de comunicación entre módulos, y un mejor rendimiento en respuesta de las acciones provocadas por el conductor por parte del automotor (Sánchez Vela et al., 2016, p.20).

En el trabajo de titulación desarrollado por Chávez Jami aporta con: Para llevar a cabo estas investigaciones es de suma importancia contar con los equipos de diagnóstico al igual que las herramientas necesarias para cada una de las áreas que se desarrollan estos temas. El previo conocimiento para la posterior manipulación de estos implementos se debe considerar, ya que esto conllevara la mejor interpretación de datos generados por estos (Jami Chavez, 2015, p.19).

## **2.2 Referencias Teóricas**

A lo largo del año 1982 BOSCH e INTEL iniciaron el sistema de CAN (Controller Area Network) en el cual al inicio su utilización fue de uso exclusivo en la industria automovilística obteniendo resultados como la disminución de la longitud del cableado (reducción de peso) y número de conexiones en el interior del vehículo de esa manera es menos compleja su arquitectura, pero a la vez más complicada al momento de diagnosticar averías. Estos módulos requieren el intercambio de datos por medio del lenguaje binario. Este sistema alcanza sus límites, sobre todo en el sector del infotainment con las velocidades de transmisión que este requiere. Por ese motivo, solamente los sistemas de transmisión que cumplen con los requisitos planteados vienen a ser una solución adecuada, debido a esto las áreas de servicio y diagnóstico se verán beneficiados con este desarrollo más avanzando (Tapia et al., 2021, p.1).

La longitud del cableado eléctrico dentro de automotores fue relativamente amplia y costosa en su desarrollo, e incluso con la implementación de algunos accesorios, los cuales generan aumento de peso en el vehículo con lo cual reside en un mayor consumo de combustible eso sumado a otras variables que provocan este efecto. En la actualidad la inyección electrónica se integra al motor, al igual que la arquitectura eléctrica del automóvil se vuelve compleja de tal forma que se requiere una mayor longitud de conductor y conexiones, esto hace que se incremente el peso del vehículo ya que se comienza a utilizar diversos sensores los cuales monitorean el comportamiento del varios módulos del vehículo, así como actuadores que generan la alimentación de combustible, con todo lo mencionado anteriormente se exploró nuevas tecnologías y la exigencia de reducir la complejidad de la arquitectura eléctrica y electrónica dentro de los vehículos.

### ***2.2.1 Topología de red***

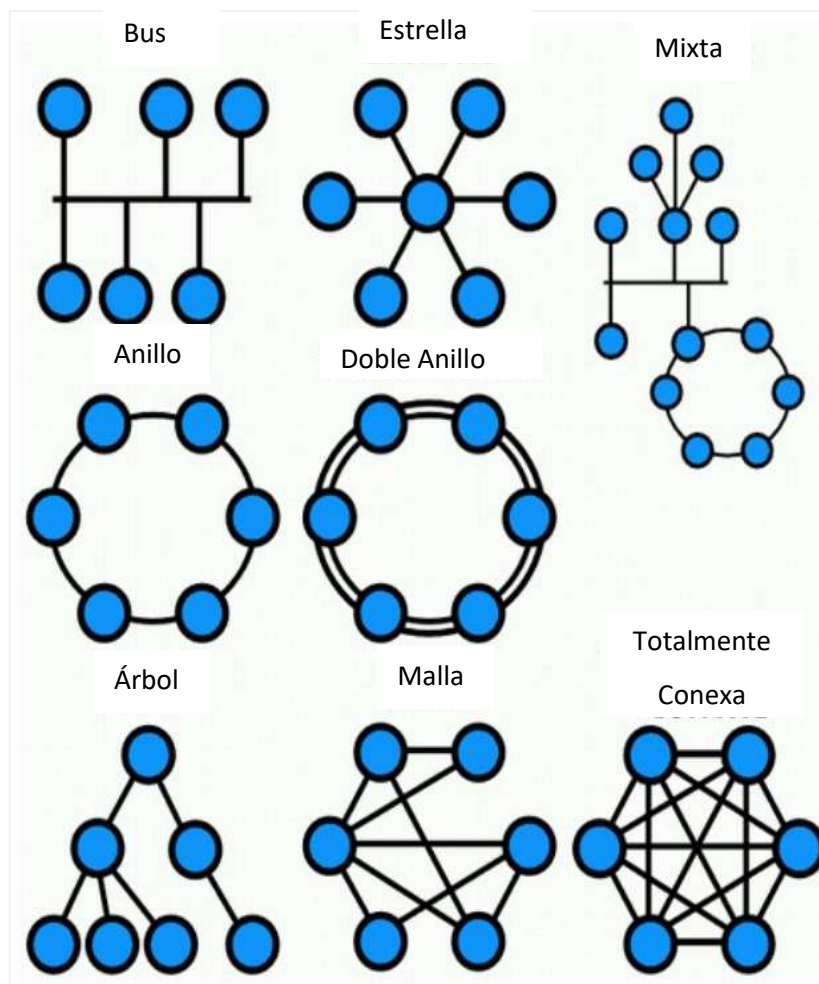
Para establecer una comunicación entre la red se usa nodos, los cuales se establecieron de la cadena de comunicación, a esta se la denomina topología de la red, un claro ejemplo de ello es la topología de árbol, su denominación es dada por la apariencia estética, en algunos casos es señalada como arquitectura en un sentido relajado el cual manifiesta la disposición física del cableado y de cómo el protocolo considera dicho cableado. La topología de la red se manifiesta singularmente por la configuración de las conexiones entre nodos, la distancia que existe entre cada uno de ellos, la disposición en la que se sitúan, las interconexiones físicas y las tasas de bus de datos, cabe mencionar que los tipos de señales eléctricas no pertenecen a la topología de la red, pero durante el proceso estos mismos pueden verse afectados. El propósito implica como está funcionando una red de comunicación dentro del vehículo, ya sea que este trabaje como bus o como anillo, etc. (García Guzmán et al., 2022, p.3).

La intercomunicación que se organizan las distintas transmisiones de datos entre dispositivos. Los sensores, actuadores, autómatas programables, robots, y demás componentes electrónicos intercambian información, de tal forma que se interconectan físicamente con cierta estructura estimada por su fabricante, cada una de estas estructuras de red lleva asociada una topología lógica y una física. La primera son conjuntos de reglas normalmente asociada a una topología física la cual es definida por su modo en el que gestiona la transmisión de los datos en la red. La segunda (topología física), determina la estructura física de la red, esto conlleva la manera de disposición del cable de interconexión entre los componentes de la red (figura1-2) encontramos las distintas interconexiones (Cano Martínez, 2014, p.5).

### 2.2.2 Tipos de topología del sistema de comunicación

En la topología se observa la forma y aspectos de los diferentes esquemas que representan la conexión de un conjunto de unidades en la red en la cual intervienen módulos o dispositivos en la red los cuales tienden a intercambiar datos (Domínguez y Ferrer, 2018, p.82). Los sistemas de comunicación multiplexada según su topología (Ilustración 2-1) y su configuración se las puede encontrar de forma:

- Configuración de red punto a punto
- Configuración estrella
- Configuración anillo
- Configuración lineal
- Configuración maestro esclavo



**Ilustración 2-1:** Topologías de red

Fuente: ELECTRONICS, 2020.



#### 2.2.4 Los componentes de las redes multiplexadas son dados por:

- Emisor y receptor: Los cuales son las unidades de control.
- Canal de comunicación: Este puede ser un bus de datos, un cable de fibra óptica o el aire si se trata de transmisión inalámbrica
- Protocolo de comunicación: Lenguaje empleado en la comunicación, en el cual su conjunto de reglas establecidas posteriormente las cuales están informados tanto el emisor como el receptor (Redes Multiplexadas: CAN Bus de Datos, n.d., p.2 ).

#### 2.2.5 Clasificación de las redes multiplexadas

En los automóviles, las redes de comunicación se clasifican en función de su velocidad transmisión. Según la SAE (Cedeño Delgado, 2021, p.22) las redes más importantes las podemos encontrar en la (tabla 2-1) mostrada a continuación.

**Tabla 2-1:** Clasificación de las redes multiplexadas

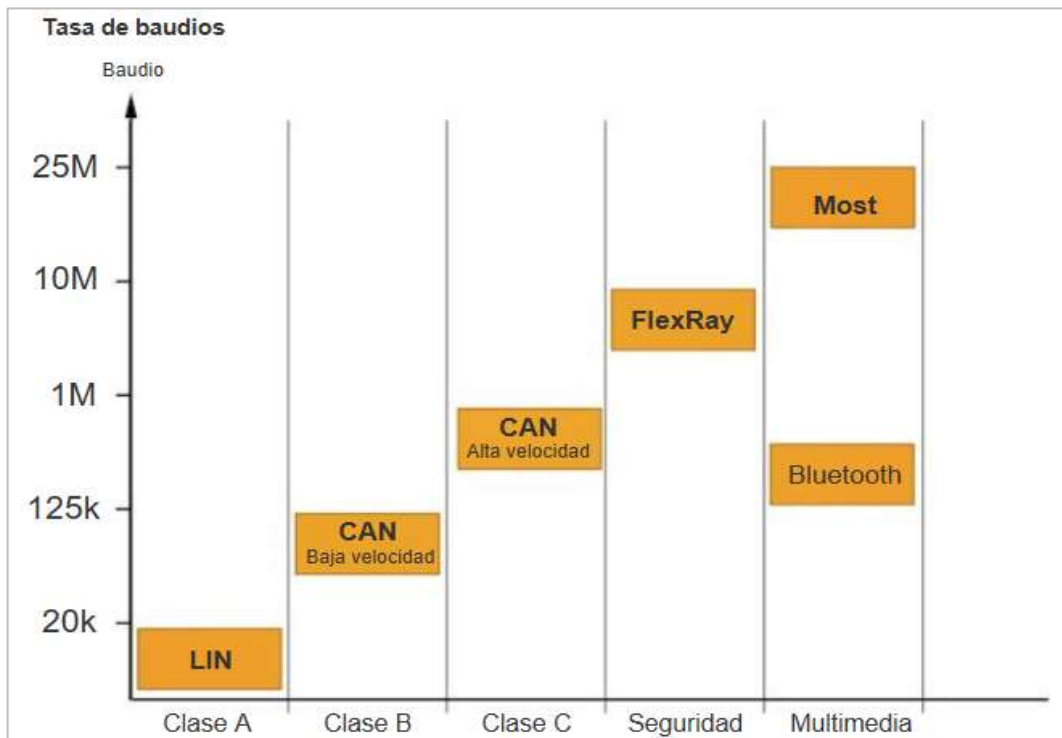
<b>Redes de clase A (baja velocidad)</b> Redes de datos cuya velocidad de transmisión es inferior a 10 kbps.	E C Bus.	– 1kbps
	IEBus.	– 3,9 – 4,1 kbps
	SAE J1708 Bus.	– 9,6 kbps
<b>Redes de clase B (media velocidad)</b> Su velocidad va desde 10 kbps a los 125 kbps	VPW J1850.	– 10,4 kbps
	IEBus.	– 18 kbps
	LIN-Bus.	– 20 kbps
	PWM J1708 Bus.	– 41,6 kbps
	VAN-Bus.	– 62,5 – 125 kbps
	CAN-Bus.	– 10 – 125 kbps
<b>Redes de clase C (alta velocidad)</b>	DIS Bus.	– 150 kbps
	FLEXRAY(UTP)	– 500 kbps
	CAN-Bus.	– 125 kbps – 1 Mbps
	TTCAN Bus	– 1 Mbps
<b>Otras redes de muy alta velocidad son:</b>	FLEXRAY(STP)	– 10 Mbps
	Intellibus	– 12,5 Mbps
	SMARTwireX	– 25 Mbps
	TTP Bus	– 25 Mbps
<b>Dentro de las redes de comunicación de alta velocidad, las más importantes de fibra óptica son:</b>	Domestic digital data (D2B)	– 5,6 – 20 Mbps
	Byteflight (SI-Bus)	– 10 Mbps
	MOST-Bus	–21,2 Mbps
	MML	– 100 Mbps

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte, 2023.

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

### 2.2.6 Tipos de redes de comunicación

Para poder clasificar los sistemas de bus, la Society of Automotive Engineers (SAE) definió tres clases, que se diferencian entre sí, sobre todo, por la velocidad de transmisión observado en la (Ilustración 2-3). Actualmente, estas tres clases ya no resultan suficientes, por lo que la clasificación se amplió a cinco niveles (Domínguez y Ferrer, 2018, p.82).



**Ilustración 2-3:** Velocidad de transmisión de datos

Fuente: Domínguez E., Ferrer J., 2018.

### 2.2.7 Estudio del sistema multiplexado del Toyota

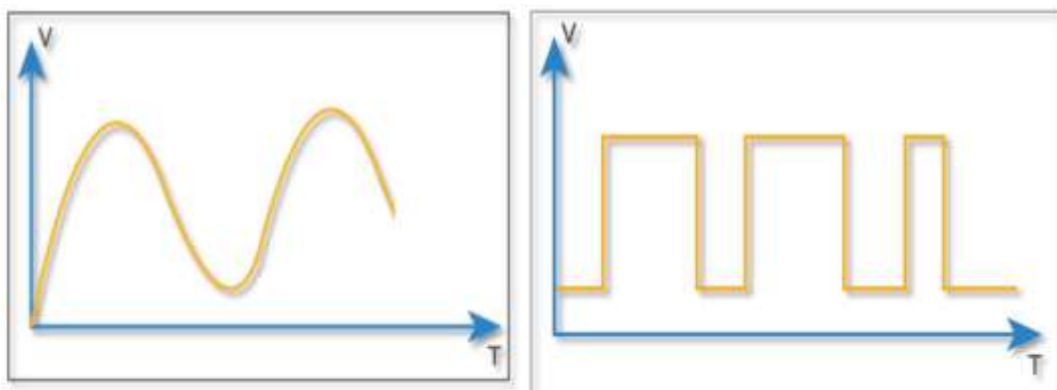
En los modelos de la marca Toyota de varias generaciones ya utilizaban los sistemas multiplexados lo cual mejora y optimiza la transferencia en el bus de datos. El bus de datos se transmite en microsegundos con los errores menos perceptibles de tal manera que se obtenga resultados de alto impacto entre el motor de combustión interna y el motor eléctrico, sistema de frenado, caja de velocidades, sistema inversor, baterías y los diferentes componentes de este sistema. El sistema multiplexado actúa eficientemente en el desarrollo de la parte activa y pasiva de los diferentes controladores o dispositivos que contienen los vehículos (Figuroa Peñafiel, 2015, p.23).

Durante el estudio del sistema multiplexado se obtendrá un mejor entendimiento de la funcionalidad lo cual nos ayuda a determinar que este sistema de comunicación permite compartir información directamente sin la necesidad de tener una mayor cantidad de instalaciones eléctricas y esto tiene gran impacto en el desarrollo de los vehículos al igual que en la fabricación por ende en los costos, de igual manera influye en la parte de diagnóstico automotriz, pero la aplicación de estos sistemas va de acuerdo a cada fabricante de automotores de las diferentes marcas y modelos que lo aplican en la industria automotriz (Toyota Motor Sales, 2010, p.50).

### 2.2.8 Sensores Según Tipos de señales

Antiguamente cada uno de los actuadores, sensores requerían una conexión de punto a punto lo cual implicaba altos costos en su producción, conforme se incrementó el número de unidades electrónicas. Además, varios módulos comparten un sensor común, lo que eleva la intensidad de corriente a través del sensor. Con el ingreso a la era del sistema de inyección electrónica en los automóviles es primordial la lectura e interpretación de la información de los diferentes sensores y actuadores del vehículo estos varían su disposición según el año, modelo y fabricante, lo que es muy similar son su señal analógica la cual es continua en el tiempo con el principio fundamental de Faraday (Alsina Cambor y Lopresti Peñafiel, 2017, p.17).

En los automotores este tipo de onda senoidal como lo indica la (Ilustración 2-4) es la representación de múltiples componentes sensibles (captadores) a magnitudes físicas, manifestándolo en valores de voltaje como resultado la excitación a través del magnetismo provoca un cambio de tensión (Alsina Cambor y Lopresti Peñafiel 2017, p.17).



**Ilustración 2-4:** Comportamiento de onda senoidal y onda digital

**Realizado por:** Alsina Cambor R., Lopresti Peñafiel G., 2017.

La señal analógica como indica la (Ilustración 2-5) está regulada por la unidad de control. El lenguaje binario es la comunicación que emplean los sistemas electrónicos. El tiempo que se está

ejecutando los datos ya que esto genera la señal que opera el inicio y termino del control de un sensor o actuador dentro del periodo de comunicación (Alsina Cambor y Lopresti Peñafiel, 2017, p.18).

### 2.2.9 Protocolo CAN

Uno de los puntos fuertes de esta tecnología es la capacidad de detección de errores en la transmisión, así como en la retransmisión de las tramas erróneas. Así como la capacidad para discernir entre errores puntuales en la transmisión, o errores producidos por el fallo de un nodo, en cuyo caso, tiene la capacidad de desconectarlo para evitar que el error sature la red. Priorización de mensajes y garantía en los tiempos de latencia en la entrega de estos. Esta es una de las características por las que este protocolo de comunicaciones es ampliamente utilizado en este ámbito de los sistemas de tiempo real. Garantías en la consistencia de los datos (Rodríguez, 2014, p.1).

Flexibilidad en la configuración de la red, tanto en número de nodos como en la disposición de estos pudiendo añadirse o quitarse nodos de forma dinámica sin afectar al protocolo. Pueden conectarse hasta 110 nodos a una red CAN. Este CAN esta especificado en el estándar ISO 11898 (Martínez Requena, 2017: p 21), en el cual contiene diversas normas especificadas para distintos aspectos del protocolo y diversos tipos de funcionamiento. Dado que la norma ISO 11898-2 estandarizada el protocolo CAN de alta velocidad mostrado en la (tabla 2-2), pudiendo alcanzar velocidades de hasta 1MB/s o con la norma ISO 1189-3 la cual estandariza el protocolo CAN de baja velocidad tolerante a fallos (Martínez Requena, 2017, p.5).

**Tabla 2-2:** Velocidad de transmisión del CAN bus con respecto a la distancia

Longitud del bus	Velocidad en bits/s	Tiempo máximo de transmisión
Hasta 25 mm	1 Mbit/s	129 s
Hasta 100 mm	500 kbits/s	250 s
Hasta 500 mm	125 kbit/s	1032 ms
Hasta 1000 mm	50 kbits/s	2580 ms
* mensajes de 129 bits de longitud		

**Fuente:** Circuitos eléctricos auxiliares del vehículo, 2018.

**Realizado por:** Domínguez E., Ferrer J., 2018.

La identificación de las redes multiplexadas CAN en el automóvil son razones para que los fabricantes desarrollen nuevos métodos de cableado, ya que básicamente son la evolución de la



cablería que se contemplaba antiguamente dentro de los vehículos. Mucho de los técnicos o mecánicos que están inmersos en la industria del automóvil tienden a clasificar esta tecnología de manera indiferente y no le prestan la atención adecuada y pierden el interés por conocer este tipo de tecnología. Es impredecible, la gran cantidad de fallas que se van produciendo en el área de sistema multiplexado (Donado Cantillo, 2020, p.20).

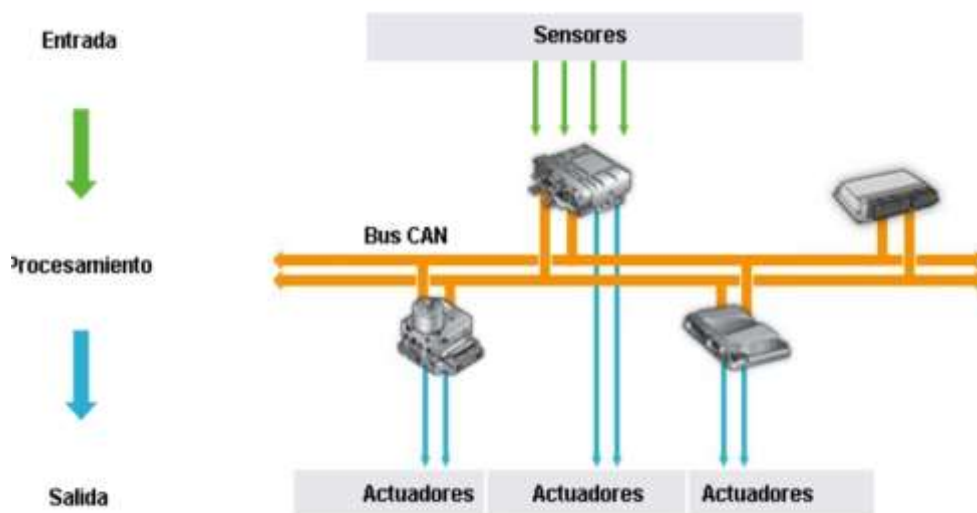
### 2.2.10 Tipos de redes multiplexadas CAN

**Can bus de alta velocidad (Can Tracción):** Gestiona toda la lógica de bus de datos en lo que respecta al tren motriz del vehículo el cual está compuesto por: motor, caja de cambios, frenos ABS, dirección eléctrica.

**Can bus de baja velocidad (CAN Confort):** Controlan sistemas de accesorios, los cuales viajan la información entre diferentes computadoras. Esta nos permite dar movimiento de ventanillas eléctricas, la puerta del conductor eléctrico, los retrovisores eléctricos, etc.

**Lin Bus y Línea K:** Difiere del CAN bus, envían comunicación y tienen funciones diferentes. Son propensos a fallar en gran escala.

**Most (Fibra óptica):** Hace algún tiempo se contemplan vehículos por la velocidad de transmisión que esto generan.



**Ilustración 2-5:** Esquema básico de red CAN Bus

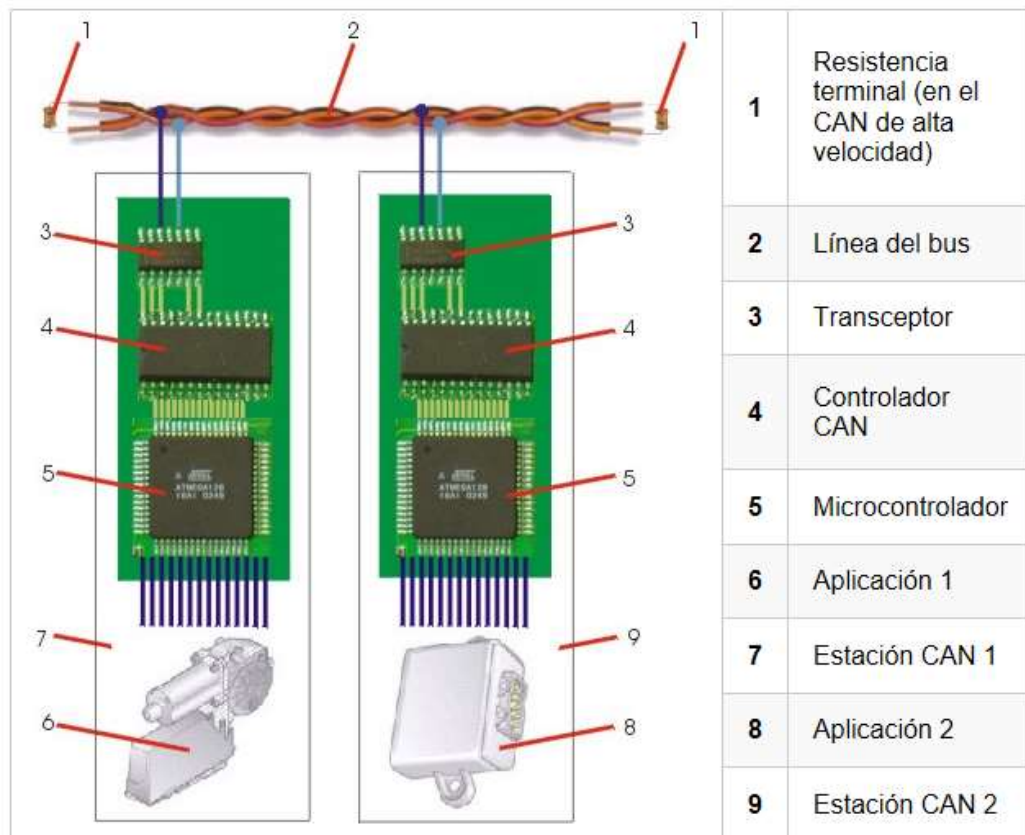
Fuente: Donado Cantillo A., 2021.

### 2.2.11 Componentes del módulo CAN

**Controlador:** Gestiona el montaje de las tramas CAN, comprobación de los errores en la transmisión o en otros nodos, así como la detección de colisiones.

**Transmisor/ Receptor:** Es el encargado de la decodificación y decodificación de los mensajes en el bus, sincronización, control de los niveles de la señal o del control de acceso medio.

Tanto el controlador CAN, así como el transceptor, son módulos independientes de los nodos (Ilustración 2-6), lo que permite que estos no tengan que destinar recursos en la gestión de las comunicaciones, acceso al medio o colisiones entre otros eso pese a que algunos microcontroladores poseen módulos CAN en un único encapsulado, internamente son circuitos independientes en la mayoría de los casos. Cualquier dispositivo conectado al bus pueden mandar mensajes, y todos los nodos conectados al mismo lo recibirán tanto que para discriminar los tipos de mensajes estos llevan un identificador asociado, de tal manera cada nodo puede procesar los mensajes de mayor interés o de igual manera descartarlos (Martínez Requena, 2017, p.21).



**Ilustración 2-6:** Componentes del bus CAN

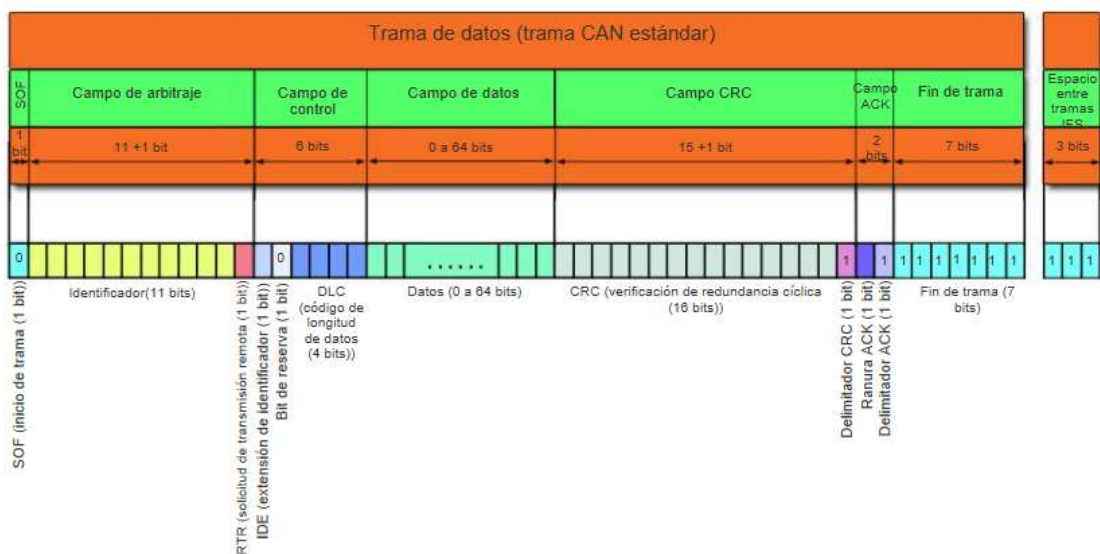
**Fuente:** Martínez Requena A., 2017.



dominantes (número de identificación menor), lo cual descifra la colisión con los bits recesivos. Para que la detección de colisiones sea eficiente cada uno de los nodos deberá tener una adecuada sincronización, manteniendo la frecuencia de reloj de controladores CAN dentro de los valores establecidos (Martínez Requena, 2017, p.23).

### 2.2.13 Tramas de datos

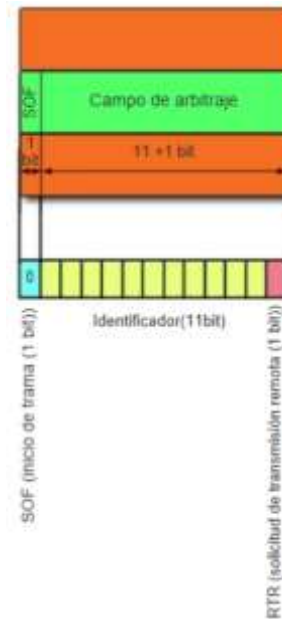
Los mensajes pueden enviar hasta 8 bytes de información, en la cual al inicio contienen un identificador el cual puede ser con el formato estándar de 11 bits referenciado en la (Ilustración 2-8) o con el formato extendido de 29 bits (Martínez Requena, 2017, p.23).



**Ilustración 2-8:** Formato de trama de datos estándar CAN

**Fuente:** Donado Cantillo A., 2020.

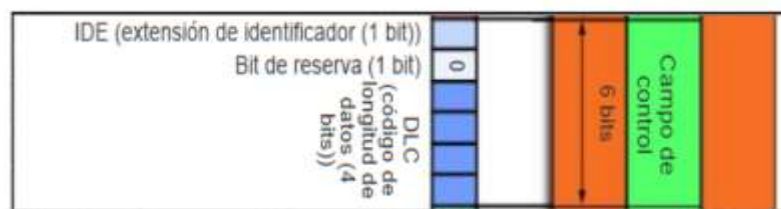
El SOF (Star of Frame) se da con un único bit dominante, dependiente para el sincronismo con los demás nodos. La información para enviar es indica por este, para que todas las estaciones reciban la información. Consecutivamente encontramos el campo del identificador o campo de arbitraje (abitrage field) está conformado por el identificador y el bit de control el cual representa la prioridad de la trama (dominante o recesivo) en la red (Ilustración 2-9). El bit RTR (Remote transmission Request) especifica si se trata del envío de una trama remota o de una trama de datos (Martínez Requena, 2017, p.24).



**Ilustración 2-9:** Campo de arbitraje

Fuente: Donado Cantillo A., 2020.

Campo de control (control field) está constituido por un total de 6 bits (Ilustración 2-10). El primer bit manifiesta si el mensaje es de un formato de datos estándar (11 bits) o ampliado (29 bits), este se denomina bit IDE (identifier extensión bit). El segundo bit designado r0 es reservado para situaciones adicionales. Sin embargo, se ha acordado que su bus prevalezca de forma dominante. A continuación, los 4 bits forman el código de longitud de datos DLC (data length code), conociendo que 1 byte = 8bits el número de bytes de datos comprende el mensaje el cual es su longitud de datos (Martínez Requena, 2017, p.25).



**Ilustración 2-10:** Campo de control

Fuente: Donado Cantillo A., 2020.

### Campo CRC

El campo código de reluctancia cíclica (CRC) es responsable de asegurar la integridad del bus enviado. El ultimo bit de la trama tiene condición de recesivo lo cual limita el CRC. La trama finaliza con campo de 2 bits empelado como celda de reconocimiento o ACK y el EOF o fin de trama. El frame debe ocupar al final el mismo espacio reglamentario entre tramas, alineado por los 3 bits recesivos (Martínez Requena, 2017, p.25).

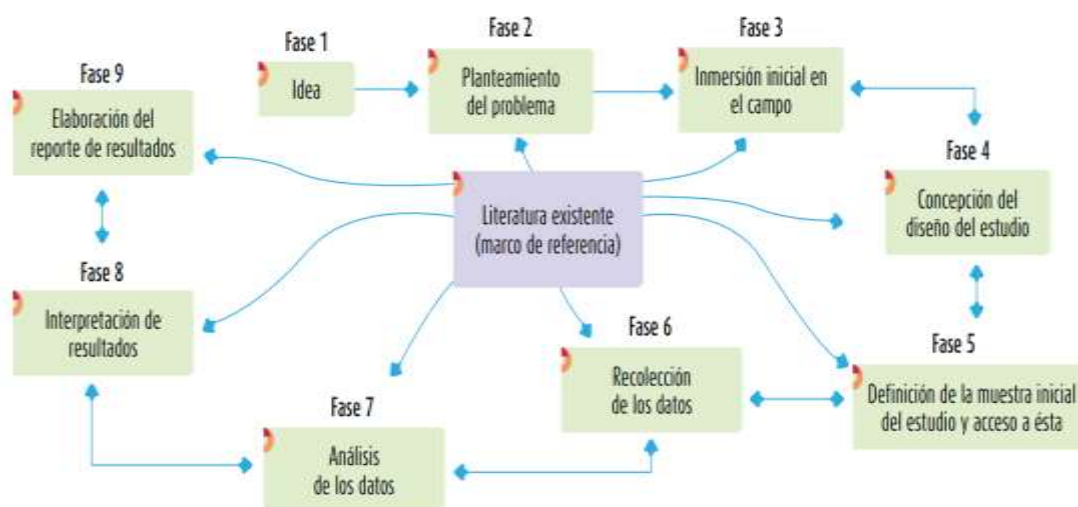
## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Enfoque de la investigación

El enfoque del presente trabajo de integración curricular será de tipo cualitativo basado en investigaciones previas para consolidar la información de forma continua y justificada con la finalidad de explicar de manera sistemática la idea y contenido del análisis de las redes multiplexadas en vehículos de la marca Toyota.

Partiendo de hipótesis planteadas, recolección y análisis de datos en un momento y tiempo único con el objetivo de describir variables e interpretar los datos obtenidos (Hernández Sampieri, 2014, p.40). Con la información recolectada procedemos a la identificación de cada una de las fases como se muestra en la (figura 3-1) para el desarrollo de la investigación de tipo cualitativo.



**Ilustración 3-1:** Proceso Cualitativo

Fuente: Hernández Sampieri R., 2014.

#### 3.2 Nivel de Investigación

La investigación será elaborada con un nivel descriptivo con la finalidad de describir características de la red Can de alta velocidad mediante la recolección de datos en las mismas condiciones para los tres vehículos para detallar como son y se presentan en el medio.

Se pretende recoger información de manera independiente y medir su grado de complejidad dentro del procedimiento para posteriormente ser sometido a un análisis (Hernández Sampieri, 2014, p.125).

### **3.3 Diseño de la Investigación**

#### ***3.3.1 Según la manipulación o no de la variable independiente***

Las variables dependientes tomadas en la investigación son la velocidad de transmisión de datos, tensiones de funcionamiento de la red Can de alta velocidad y trama de datos mientras que las variables independientes son la red Can y el tiempo aplicado a cada uno de los vehículos.

El diseño de la metodología de la investigación es de carácter no experimental es decir sin manipular la variable de manera intencional con la finalidad de no variar las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables y poder observar sus los fenómenos producidos dentro del contexto (Hernández Sampieri, 2014, p.185), con lo mencionado se aclara que el trabajo de titulación acerca del sistema multiplexado no presenta ninguna variación experimental, por el contrario presenta un análisis detallado del sistema como tal y la relación entre las variables.

#### ***3.3.2 Según las intervenciones en el trabajo de campo***

El diseño investigación planteada es transversal o transeccional con el propósito de recolectar datos necesarios en las mismas condiciones de funcionamiento de los vehículos, describir variables, analizar su interrelación y comparar los análisis obtenidos en los tres vehículos para poder brindar una conclusión acertada de la investigación.

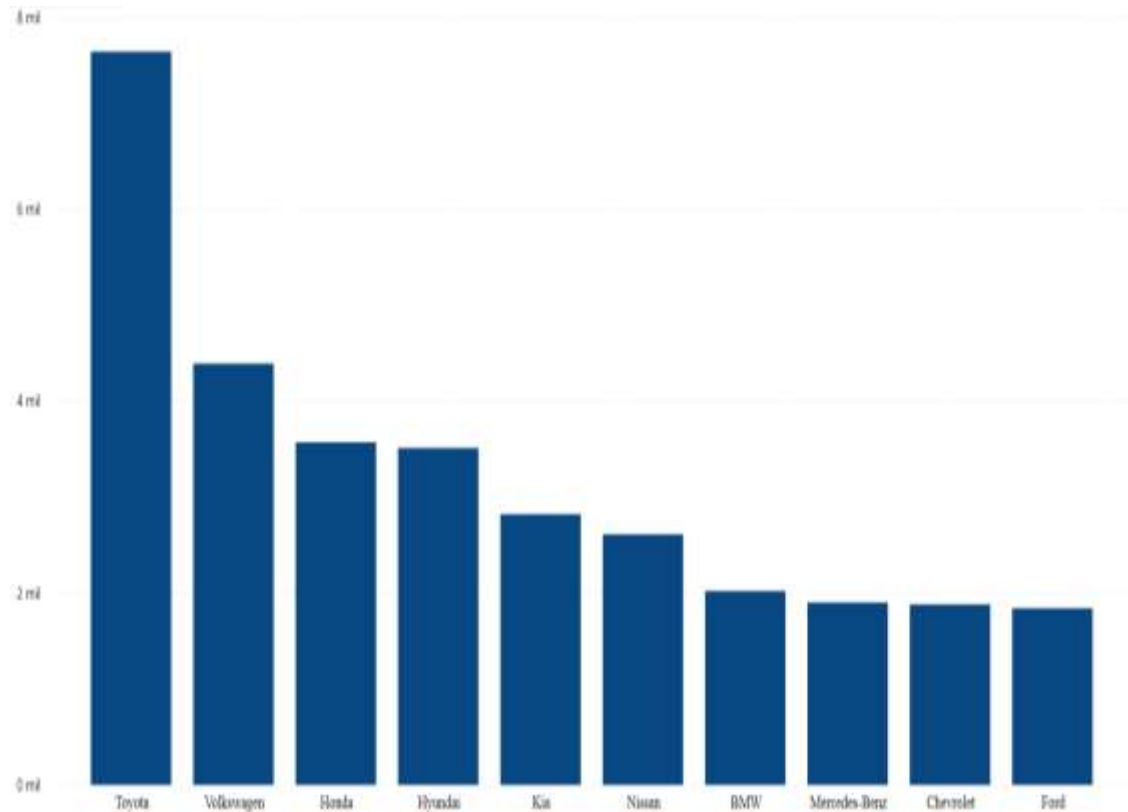
### **3.4 Tipo de estudio**

Basándonos en los descrito anteriormente se pretende analizar la topología del sistema multiplexado, protocolos de comunicación, velocidad de transmisión de datos, así como los niveles de tensión de cada red a través de fuentes documentales como manuales, diagramas eléctricos y artículos de revisión bibliográfica de cada uno de los vehículos de marca Toyota dos de modelo Yaris y uno de modelo Prius para realizar una comparativa con uno de los módulos comunes entre ellos.

### 3.5 Población

De acuerdo con la plataforma STATISTA en el 2022 TOYOTA se convirtió en la marca automovilística número uno al posicionarse en las ventas de sus vehículos (tabla 3-1) esto al registrar un aproximado de 7,6 millones de vehículos con respecto a sus otros competidores (Diario AS, 2023).

**Tabla 3-1:** Ranking mundial de las marcas automovilísticas por venta en 2022



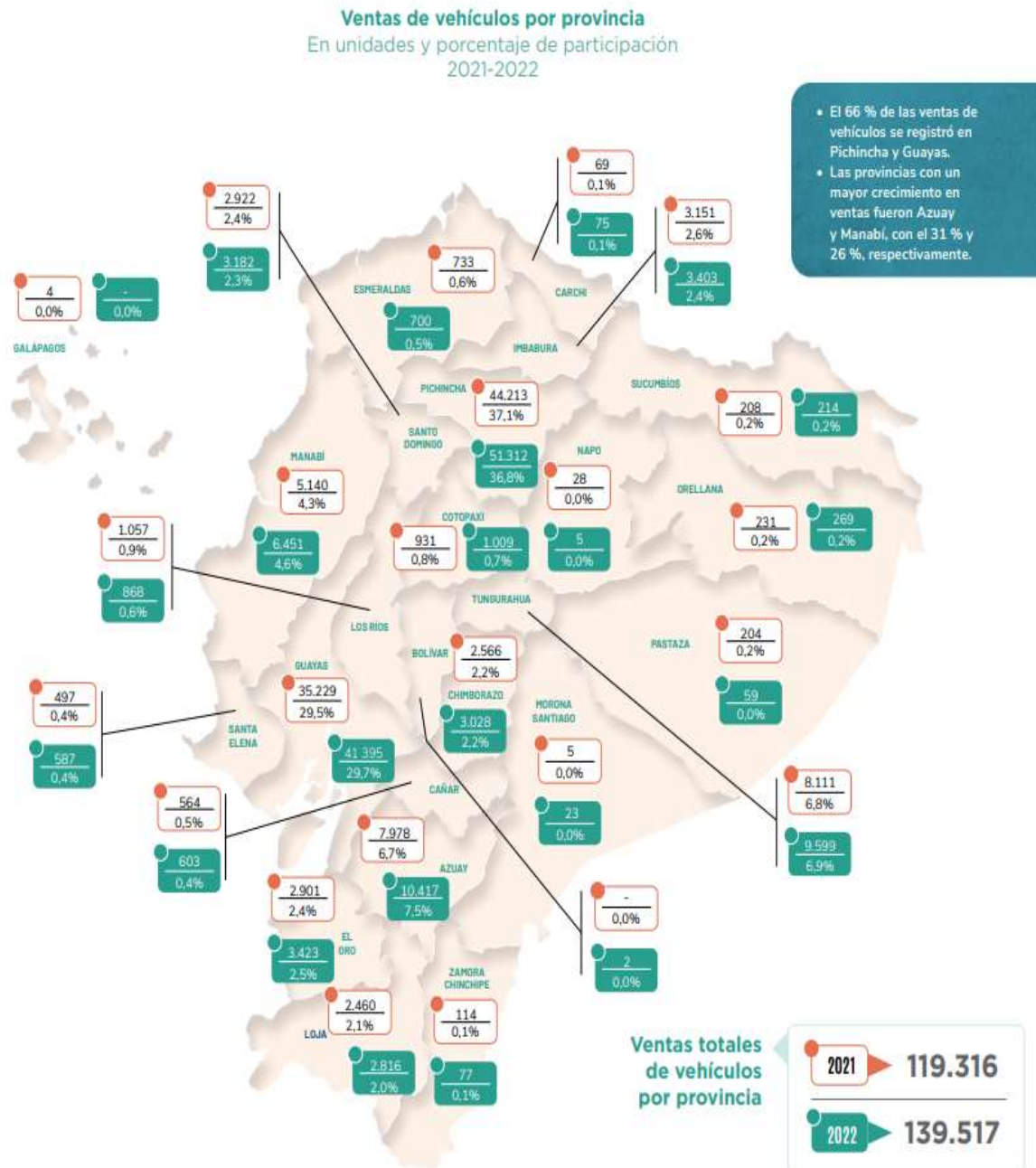
**Fuente:** Diario AS, 2023.

De acuerdo con la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador AEADE durante el periodo 2007-2022 las ventas anuales de Toyota han ido influenciando a lo largo de los años tanto así que en el año 2022 es el tercer posicionado en ventas a nivel nacional así lo indica la (tabla 3-2), los modelos se adquieren por la alta fiabilidad que estos presentan a través de su eslogan “*Toyota es Toyota*”.





La población objetivo del trabajo de investigación es la marca TOYOTA en la ciudad de Riobamba la cual cuenta con varios modelos (2007-2022), en estos modelos sobresalen algunos vehículos para los usuarios en la cual la AEADE contiene la información histórica de ventas por tipos y modelos (Ilustración 3-3), con la base de datos proporcionado por la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador la población con la cual se desarrolla el estudio trata de 3 vehículos (AEADE, 2023, p.76).



**Ilustración 3-3:** Livianos (Automóvil, SUV y Camioneta)

Fuente: AEADE, 2023.

De acuerdo con los datos recolectados por parte de la asociación de empresas automotrices del Ecuador en la provincia de Chimborazo el número de vehículos representa el 2.2% (3,028) en las cuales se encuentran varias marcas vendidas entre ellas TOYOTA la cual es nuestro objeto de estudio, algunos de sus vehículos como el modelo Yaris y PRIUS son del gusto de los clientes, además esta marca ocupa el segundo lugar en ventas de vehículos híbridos desde el 2014 hasta 2022, siendo el caso de ocupar el 31,5% de con respecto a sus perseguidores (AEADE, 2023).

### 3.5.1 Planificación

**Tabla 3-4:** Tabla de planificación

Actividades para desarrollar	Periodo
Información previa sobre el uso de los equipos de diagnóstico automotrices.	Semana 1
Investigación acerca de las redes multiplexadas y protocolos de comunicación aplicados en vehículos Toyota.	Semana 2
Selección de los diferentes vehículos	Semana 3
Recopilación de diagramas eléctricos de diferentes bases de datos	Semana 4
Análisis de los diferentes diagramas y configuraciones de los vehículos	Semana 5
Toma de Datos en los vehículos en condiciones igualitarias	Semana 6
Concluir con la toma de Datos en condiciones igualitarias	Semana 7
Recopilación de Datos	Semana 8
Comparación de Datos	Semana 9
Comparación de Datos	Semana 10
Obtención de resultados	Semana 11
Análisis de resultados	Semana 12
Análisis de resultados	Semana 13
Conclusiones de los resultados	Semana 14
Conclusión de los resultados	Semana 15
Presentación formal del trabajo de titulación al director encargado.	Semana 16

**Realizado por:** Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

### 3.5.2 Selección

De acuerdo con los datos obtenidos mediante la población se ha seleccionado 3 vehículos de diferentes líneas de fabricación en el cual se realizará el análisis de las topologías, redes multiplexadas, protocolos de comunicación y determinar la velocidad de transmisión de datos según sea el sistema a través de la conexión con el DLC.

Tipos de modelos:

- Toyota Yaris 2009
- Toyota Prius Híbrido 2010
- Toyota Yaris 2021

Los vehículos mencionados contienen algunas características similares para el análisis de datos el cual cuenta con el protocolo de comunicación CAN-Bus lo cual permite realizar el estudio y realizar la comparativa.

### **3.5.3 Tamaño de muestra**

El estudio parte de un muestreo no probabilístico en el cual la selección de los automotores no se basa únicamente en la probabilidad, por el contrario, este estudio es enfocado en parámetros característicos emparejados a contexto del estudio o ya sea el investigador el cual establece la muestra. Cabe especificar que la elección no es en forma de azar, caso contrario se encapsularon factores específicos para asegurar la representatividad y la validez de los resultados generados.

### **3.6 Vehículos de prueba**

A partir de aquí, se detalla las principales características de los automotores que han sido objeto de estudio, se trata de los vehículos de la marca TOTOTA de los modelos YARIS 2009, PRIUS 2010 Y YARIS 2020 así como se observa en la (figura 3-4 al 3-6) y su respectiva ficha técnica mostrada en las (ilustraciones 3-5 al 3-7).



**Ilustración 3-4:** Vehículo 1 Toyota Yaris 2009

**Realizado por:** Barrera E., Tiuquina L., 2023.

**Tabla 3-5:** Ficha técnica Toyota Yaris 2009

<b>FICHA TÉCNICA</b>	
<b>MARCA:</b>	TOYOTA
<b>MODELO:</b>	YARIS
<b>AÑO:</b>	2009
<b>DIMENSIONES, PESO, CAPACIDADES</b>	
TIPO DE CARROCERÍA	TURISMO
NÚMERO DE PUERTAS	5
LONGITUD	3,750 mm
ANCHURA	1,695 mm
ALTURA	1,530 mm
BATALLA	2,460 mm
VÍA DELANTERA	1,475 mm
VÍA TRASERA	1,460 mm
COEFICIENTE Cx	0,3
PESO	1,010 KG
<b>PRESTACIONES Y CONSUMOS HOMOLOGADOS</b>	
VELOCIDAD MÁXIMA	170 KM/H
ACELERACIÓN 0-100 Km/h	11,5 s
CONSUMO NEDC	-
EXTRAURBANO	5,3 l/100 Km
URBANO	7,2 l/100 Km
MEDIO	6 l/100 Km
EMISIONES DE CO2 NEDC	141 gr/Km
<b>MOTOR COMBUSTIÓN INTERNA</b>	
COMBUSTIBLE	GASOLINA
POTENCIA MÁXIMA	87 CV / 64 KW
RPM POTENCIA MÁXIMA	6000 RPM
PAR MÁXIMO	121 Nm
RPM POTENCIA MÁXIMA	4200 RPM
NÚMERO DE CILINDROS	4
CILINDRADA	1,296 cm3
RELACIÓN DE COMPRESIÓN	11:1
ALIMENTACIÓN	INYECCIÓN INDIRECTA

Fuente: Km77, 2023.

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.



**Ilustración 3-5:** Vehículo Toyota Prius

Realizado por: Barrera E., Tiuquina L., 2023.

**Tabla 3-6:** Ficha técnica Toyota Prius 2021

<b>FICHA TÉCNICA</b>	
<b>MARCA:</b>	TOYOTA
<b>MODELO:</b>	PRIUS HIBRIDO
<b>AÑO:</b>	2010
<b>DIMENSIONES, PESO, CAPACIDADES</b>	
TIPO DE CARROCERÍA	TURISMO
NÚMERO DE PUERTAS	5
LONGITUD	3,750 mm
ANCHURA	1,695 mm
ALTURA	1,530 mm
BATALLA	2,460 mm
VÍA DELANTERA	1,475 mm
VÍA TRASERA	1,460 mm
COEFICIENTE C <sub>x</sub>	0,3
PESO	1,010 KG
<b>PRESTACIONES Y CONSUMOS HOMOLOGADOS</b>	
VELOCIDAD MÁXIMA	170 KM/H
ACELERACIÓN 0-100 Km/h	11,5 s



CONSUMO NEDC	
EXTRAURBANO	5,3 l/100 Km
URBANO	7,2 l/100 Km
MEDIO	6 l/100 Km
EMISIONES DE CO2 NEDC	141 gr/Km

---

### MOTOR COMBUSTIÓN INTERNA

COMBUSTIBLE	GASOLINA
POTENCIA MÁXIMA	87 CV / 64 Kw
RPM POTENCIA MÁXIMA	6000 RPM
PAR MÁXIMO	121 Nm
RPM POTENCIA MÁXIMA	4200 RPM
NÚMERO DE CILINDROS	4
CILINDRADA	1,296 cm <sup>3</sup>
RELACIÓN DE COMPRESIÓN	11 A 1
ALIMENTACIÓN	INYECCIÓN INDIRECTA

Fuente: Km77, 2023.

Realizado por: Barrera E., Tiuquina L., 2023.



**Ilustración 3-6:** Vehículo Toyota Yaris 2020

Realizado por: Barrera E., Tiuquina L., 2023.

**Tabla 3-7:** Ficha técnica Toyota Yaris 2021

<b>FICHA TÉCNICA</b>	
<b>MARCA:</b>	TOYOTA
<b>MODELO:</b>	YARIS
<b>AÑO:</b>	2021
<b>DIMENSIONES, PESO, CAPACIDADES</b>	
TIPO DE CARROCERIA	TURISMO
NÚMERO DE PUERTAS	5
LONGITUD	3,940 mm
ANCHURA	1,745 mm
ALTURA	1,500 mm
BATALLA	2,560 mm
VÍA DELANTERA	1,475 mm
VÍA TRASERA	1,460 mm
COEFICIENTE C <sub>x</sub>	0,3
PESO	1,010 KG
<b>PRESTACIONES Y CONSUMOS HOMOLOGADOS</b>	
VELOCIDAD MÁXIMA	170 KM/H
ACELERACIÓN 0-100 Km/h	11,5 s
CONSUMO NEDC	
EXTRAURBANO	5,3 l/100 Km
URBANO	7,2 l/100 Km
MEDIO	6 l/100 Km
EMISIONES DE CO <sub>2</sub> NEDC	141 gr/Km
<b>MOTOR COMBUSTIÓN INTERNA</b>	
COMBUSTIBLE	GASOLINA
POTENCIA MÁXIMA	87 CV / 64 KW
RPM POTENCIA MAX	6000 RPM
PAR MAXIMO	121 Nm
RPM POTENCIA MAX	4200 RPM
NÚMERO DE CILINDROS	4
CILINDRADA	1,296 cm <sup>3</sup>
RELACIÓN DE COMPRESIÓN	11:1
ALIMENTACION	INYECCIÓN INDIRECTA

Fuente: Km77, 2023.

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.



### **3.7 Métodos, técnicas e instrumentos de investigación**

Método científico general descriptivo el cual se detallará el proceso para recolección de información que proporcionan los distintos vehículos mediante sus diferentes manuales de taller, diagramas eléctricos y manuales de servicio, además de los equipos de diagnóstico a utilizar.

Método de observación en el cual mediante la toma de datos se comprobará los sucesos que ocurren en los automóviles al realizar la toma de datos durante todo el proceso que se lleva a cabo con cada uno de los vehículos seleccionados.

#### ***3.7.1 Instrumentos de diagnóstico automotriz.***

Las técnicas por utilizar son la observación directa no participante de la guía de observación proporcionada por el fabricante, además de un análisis documental previo de las redes multiplexadas de los vehículos.

La técnica de la escala de apreciación e instrumentos en la cual se configura los equipos automotrices las escalas numéricas de tal manera que las gráficas obtenidas puedan ser descritas en el estudio además de ofrecernos la trama de datos en código binario.

- Bibliografía de redes multiplexadas y protocolos de comunicación
- Manuales de taller
- Manuales de servicio
- Diagramas eléctricos
- Equipos de diagnóstico automotriz

#### ***3.7.2 Análisis de manuales de taller y diagramas eléctricos***

Se identifico la ubicación de los componentes electrónicos y la información técnica de cada uno de los vehículos mediante los manuales de taller proporcionado por la plataforma TOYOTA Techstream, además de la plataforma MITCHELL ONDEMAND (Ilustración 3-7). Conjuntamente se realizó la identificación del cableado eléctrico a través de los diagramas para cada uno de los vehículos que se encuentran inmersos en la investigación.



**Ilustración 3-7:** Plataforma Mitchell 1

Fuente: KOLHOSNIKI, 2015.

Toda la información recolectada servirá para comprender el funcionamiento del sistema de comunicación y a su vez detectar la ubicación de cada uno de los componentes que estén internamente en vehículo.

### ***3.7.3 Selección de equipos de diagnóstico.***

Las herramientas que se utilizan en el área del diagnóstico automotriz son varias, es necesario mencionar se lo debe realizar para cada uno de los vehículos con el objetivo de brindar un análisis efectivo de las redes multiplexadas, para la recolección de datos de es fundamental contar con cada uno de los equipos mencionados ya que si faltase alguno podríamos generar errores en la recolección de datos además de ocasionar posibles daños en la toma de datos.

#### ***3.7.3.1 Escáner Automotriz***

Con este dispositivo podremos obtener información detallada acerca del funcionamiento y gestión de toda la parte electrónica del vehículo, monitoreo en tiempo real de muchos parámetros relacionados el sistema electrónico y diagnosticar posibles averías en los módulos integrados dentro del vehículo.

Una de las principales ventajas del escáner utilizado marca Autel MaxiSys Ultra es que se utiliza como osciloscopio y multímetro automotriz lo cual es de gran ayuda al momento de realizar un diagnóstico automotriz.



**Ilustración 3-8:** Escáner Autel MaxiSys Ultra

Fuente: AUTEL, 2019.

### 3.7.3.2 *Osciloscopio automotriz*

Con esta herramienta de diagnóstico podemos obtener, medir y analizar señales eléctricas o formas de onda con la ventaja de que son en tiempo real con la finalidad de monitorear la gestión electrónica, ajuste o calibración de algún sensor o modulo electrónico del vehículo, también podemos detectar fallos en el sistema de una manera rápida y eficaz.

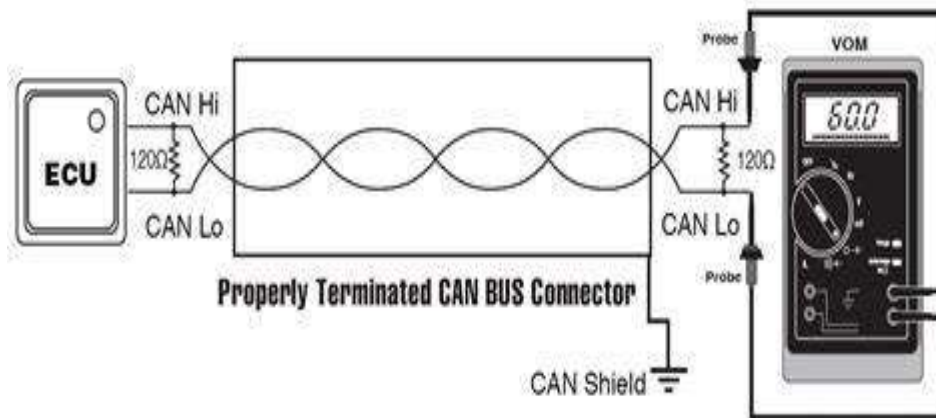


**Ilustración 3-9:** Osciloscopio Automotriz AUTEL

Realizado por: Barrera E., Tiuquina L., 2023.

### 3.7.3.3 Multímetro automotriz

Una de las herramientas de diagnóstico más utilizada en el área es el multímetro automotriz que nos ayudan con algunas tareas básicas pero indispensables en el sistema electrónico del vehículo como medir voltajes del sistema o circuitos, verificar continuidad, comprobar amperaje y medir la resistencia de ciertos componentes sistemas o módulos que se integren en los vehículos.



**Ilustración 3-10:** Multímetro automotriz DT-9205M

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

### 3.7.4 Identificación del puerto DLC y protocolos utilizados

La identificación del puerto DLC (*DATA LINK CONNECTOR*) está sujeta a la norma ISO 15031-3 donde se identifica el tipo de protocolo que contiene el vehículo está sujeta con la SAE International. Para lo cual la caja de desconexión OBDII ubicada en (Ilustración 3-11) se conectará al puerto DLC en el vehículo de prueba además de que debe estar en estado de KOEO para identificar los tipos de pines activos en la gestión electrónica.



**Ilustración 3-11:** CAN Test Box OBDII

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

### 3.7.5 *Conexión del instrumento de diagnóstico para adquirir las topologías*

El uso de los equipos automotrices requiere un grado de conocimiento avanzado en el tema de escáner automotriz, permitirá identificar las fallas existentes, detección de diferentes sistemas incorporados en el automotor además de acceder a los datos almacenados en la unidad de control electrónico juntamente con el diagrama eléctrico el cual proporciona la conexión y rutas de los cables, identificación de componentes y la comunicación existente en los vehículos de nuestro estudio. Conectamos el escáner automotriz multimarca (Ilustración 3-12) de marca Autel o Launch de gama alta de tal forma que permite obtener datos de la estructura topológica de cada uno de los vehículos además de datos significativos que son entregados a través de los requerimientos del operador.



**Ilustración 3-12:** Conexión del escáner automotriz Autel Maxisys Ultra al vehículo

**Realizado por:** Barrera E., Tiuquina L., 2023.

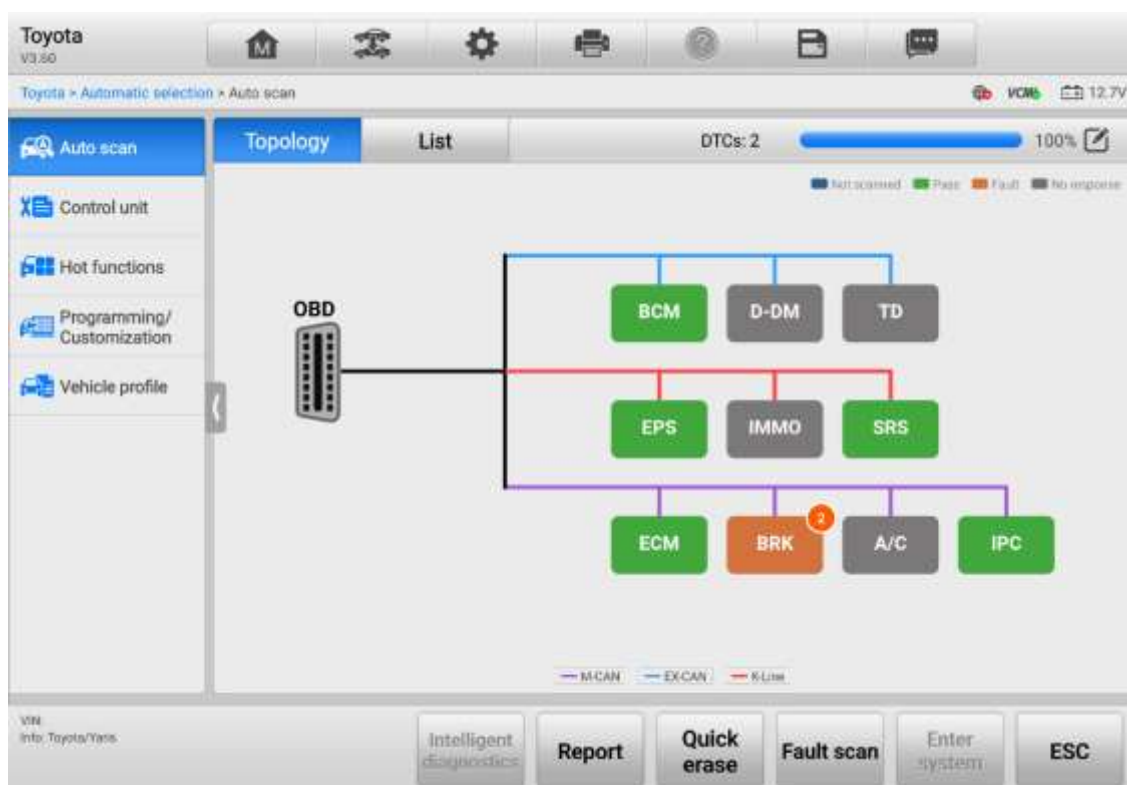
### 3.7.6 *Obtención de la configuración topológica de cada vehículo.*

Mediante el escáner automotriz seleccionamos en modo fabricante de la marca TOYOTA, colocamos el número de VIN único para cada vehículo y seleccionamos el vehículo de acuerdo con las características únicas del modelo de cada uno.

El análisis topológico es realizado a través del diagrama eléctrico y mediante un equipo de diagnóstico de alta gama el cual nos proporcionó la información necesaria como los módulos activos e inactivos (Ilustración 3-13) que se encuentran en el vehículo y el estado de cada módulo además de la interconexión que maneja la red en cada uno de los autos seleccionados por el investigador.

### 3.7.7 Identificación de módulos activos en cada vehículo.

Con el análisis del sistema topológico se identifica los módulos existentes dentro del vehículo y a qué tipo de red se encuentran conectados además de su disposición la cual está sujeta a modificaciones por sus sistema y tecnología en particular. Sin embargo, en varios vehículos tenemos algunos módulos comunes que se encontrarán en los vehículos como es el caso de los módulos de Body Control Module (BCM), Electric Power Steering (EPS), Supplemental Restraint System (SRS), Engine Control Module (ECM), Module Blue Streak| etc. Además, que este encuentre posibles fallos en el sistema de comunicación de alguno de los módulos activos.

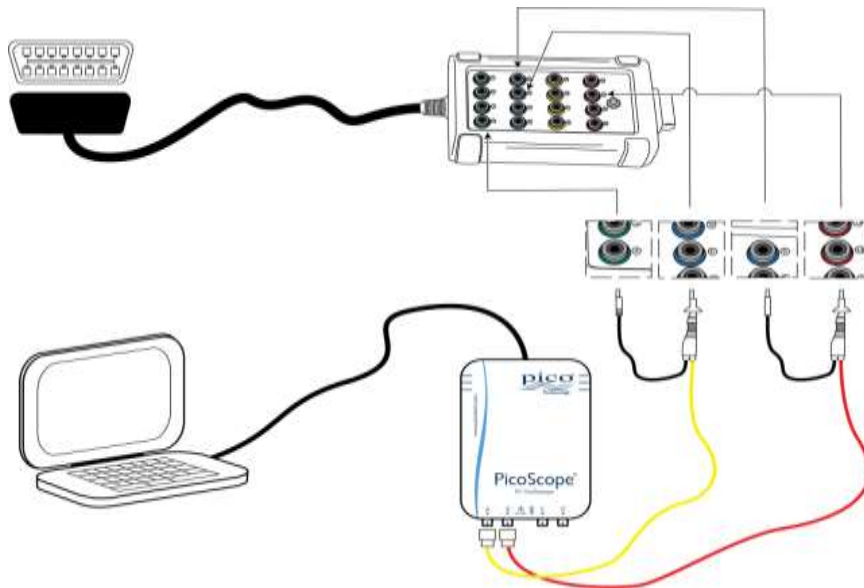


**Ilustración 3-13:** Módulos conectados a la red de un Toyota Yaris (2009)

Realizado por: Barrera E., Tiuquina L., 2023.

### 3.7.8 Conexión del osciloscopio automotriz.

Con la implementación del osciloscopio automotriz se obtiene la señal del protocolo de comunicación (Ilustración 3-14 & 3-15) a través de la caja de desconexión, conectándolo a cada uno de los canales los pines activos, los cuales fueron previamente identificados en el diagrama eléctrico de cada uno de los automotores. Realizamos la configuración en el osciloscopio automotriz para obtener las señales correctamente del protocolo de comunicación empleado de tal manera que se pueda identificar correctamente las señales y parámetros característicos que tienen la cada red.



**Ilustración 3-14:** Conexión del osciloscopio al vehículo Yaris (2009)

Realizado por: Barrera E., Tiuquina L., 2023.



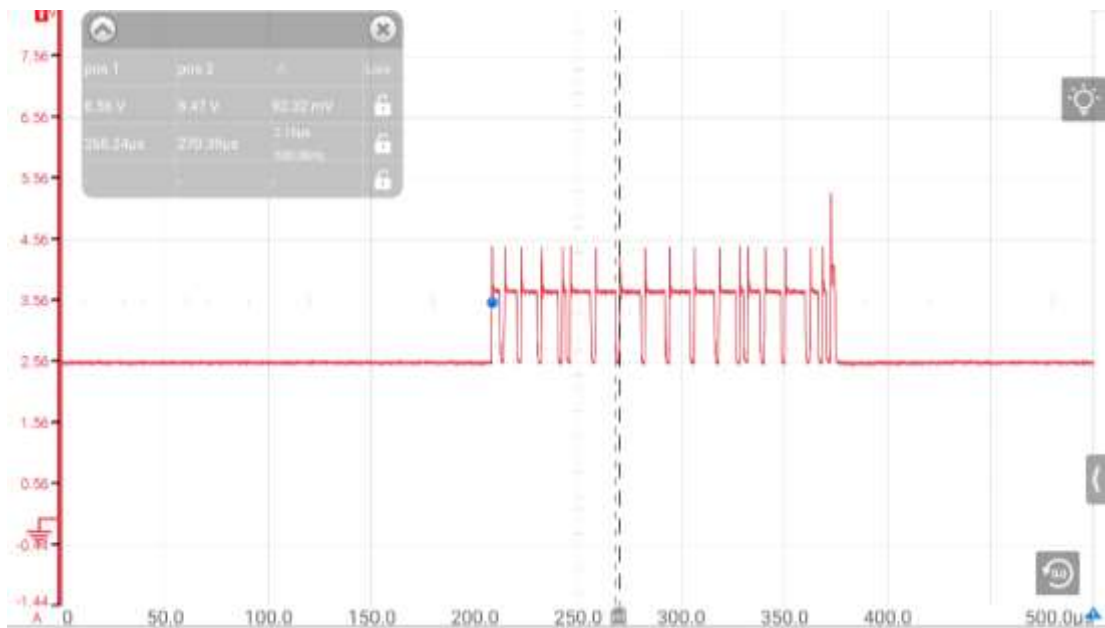
**Ilustración 3-15:** Conexión de los pines del osciloscopio al vehículo Yaris (2009)

Realizado por: Barrera E., Tiuquina L., 2023.



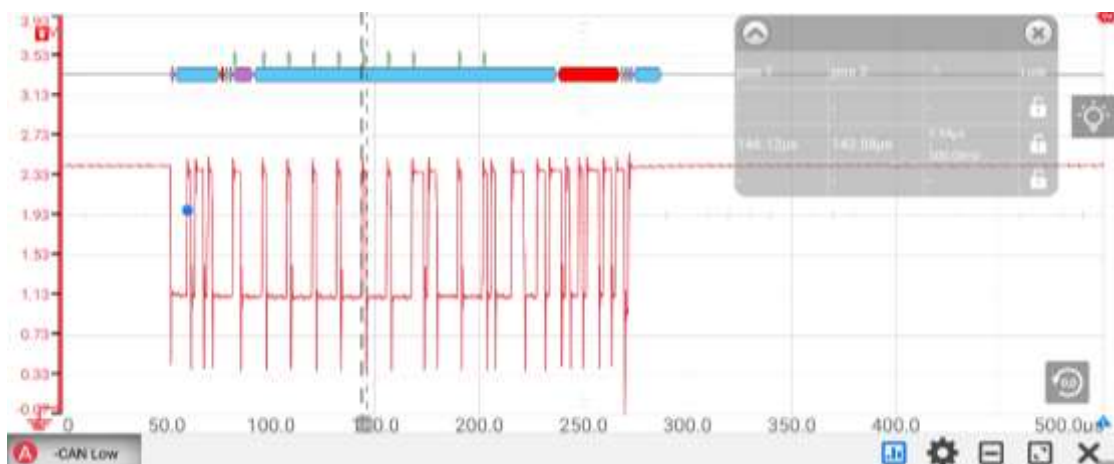
### 3.7.9 Obtención de las señales a través del osciloscopio.

Se realizó el cálculo de la velocidad de transmisión de datos del protocolo de comunicación. Realizado el cálculo de la velocidad de transmisión de datos de cada uno de los protocolos en cual ejecutamos la ingeniería inversa en el sistema mecatrónico, decodificando la trama de datos que contienen los vehículos (Ilustración 3-16 & 3-17) y finalmente con cada una de las tramas de datos obtenidas se identificara cada en cada uno de los vehículos sus datos de señales que ingresan al módulo electrónico.



**Ilustración 3-16:** Señal CAN High de un Toyota Yaris (2021)

Realizado por: Barrera E., Tiuquina L., 2023.



**Ilustración 3-17:** Decodificación de la trama de datos CAN Low de un Toyota Yaris (2009)

Realizado por: Barrera E., Tiuquina L., 2023.



### **3.7.10 Cálculo de la velocidad de transmisión.**

Para obtener la velocidad de transmisión de datos se debe dividir un bit del oscilograma para el tiempo de bit usando la formula:

$$v_t = \frac{1_{bit}}{t_{bit}}$$

Con la ayuda del osciloscopio automotriz de la marca AUTEL se pudo obtener las señales de cada una de las redes de las cuales se procede a medir la señal de ancho de pulso individual en una de las señales la cual representa la duración de un bit de datos transmitido, para lo cual se tomará el bit más pequeño de la trama de datos.

El resultado de la ecuación nos brinda la velocidad de transmisión de datos de la red basado en la señal del osciloscopio, esta señal generalmente esta expresada en (kilobits por segundo), las variaciones de velocidad de la red a comparación con la velocidad que nos brindan los manuales se deben a diversos factores como puede ser: la calidad del cableado, la carga de la red, la configuración del protocolo, entre otros.

### **3.7.11 Análisis de la decodificación de trama del sistema multiplexado**

Uno de los métodos más usados en el análisis y decodificación de la trama de datos de una red es mediante un escáner automotriz de alta gama, en este caso utilizamos el escáner de la marca AUTEL modelo MaxiSys Ultra, conectamos el equipo a través del puerto USB al osciloscopio para poder desarrollar la decodificación de las señales de las redes de una forma precisa, en el menú de configuración de trama procedemos a insertar datos preestablecidos de la red a decodificar como el tipo de red de transmisión de datos (Can High, Can Low, Can FD,..), la velocidad aproximada de transmisión de datos y la media del voltaje de la trama de la red para poder visualizar la decodificación de la trama de datos en tiempo real. Estos datos se obtienen del procedimiento anterior de la obtención de señales y cálculo de la velocidad de transmisión.

Las redes multiplexadas emplean un lenguaje de comunicación que se basa en protocolos que definen la estructura de los mensajes que se transmiten a través de la red en los vehículos, contienen una configuración a base de bits que representan la información que se quiere transmitir de un módulo a otro. El sistema de comunicación que se utilizó en el proceso fue binario, pero también se lo puede configurar en un sistema hexadecimal.



**Ilustración 3-18:** Decodificación de la trama de datos CAN de un Toyota Prius (2010)

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

### 3.7.12 Medición de la resistencia de la red

Debemos asegurarnos que el vehículo este apagado por completo, conectamos el multímetro digital ya configurado en la opción ohmios a los puertos 14 (Can L) y pin 6 (Can H) del conector DLC y se procede a medir la resistencia que existe entre los dos canales para poder verificar su correcto funcionamiento.



**Ilustración 3-19:** Resistencia entre las redes Can H y Can L

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Unas de las partes más importantes en este proceso es la medición e interpretación de las señales de cada una de las redes del vehículo, en este caso red CAN High, red CAN Low y Línea K las cuales se las debe realizar con efectividad con la finalidad de que la información obtenida sea lo más acertada posible.

Para comprobar la veracidad de los valores nominales se procede a la verificación de cada uno de los manuales de los tres vehículos sujetos al proceso de investigación para obtener referencias precisas mediante el fabricante. Tanto los valores teóricos como los obtenidos deben asemejarse tomando siempre en cuenta un margen de error debido a las circunstancias en las que trabaja el vehículo, calidad de los materiales empleados en el sistema o factores externos que afecten al sistema multiplexado de los vehículos, para así poder argumentar el perfecto funcionamiento de la electrónica del vehículo.

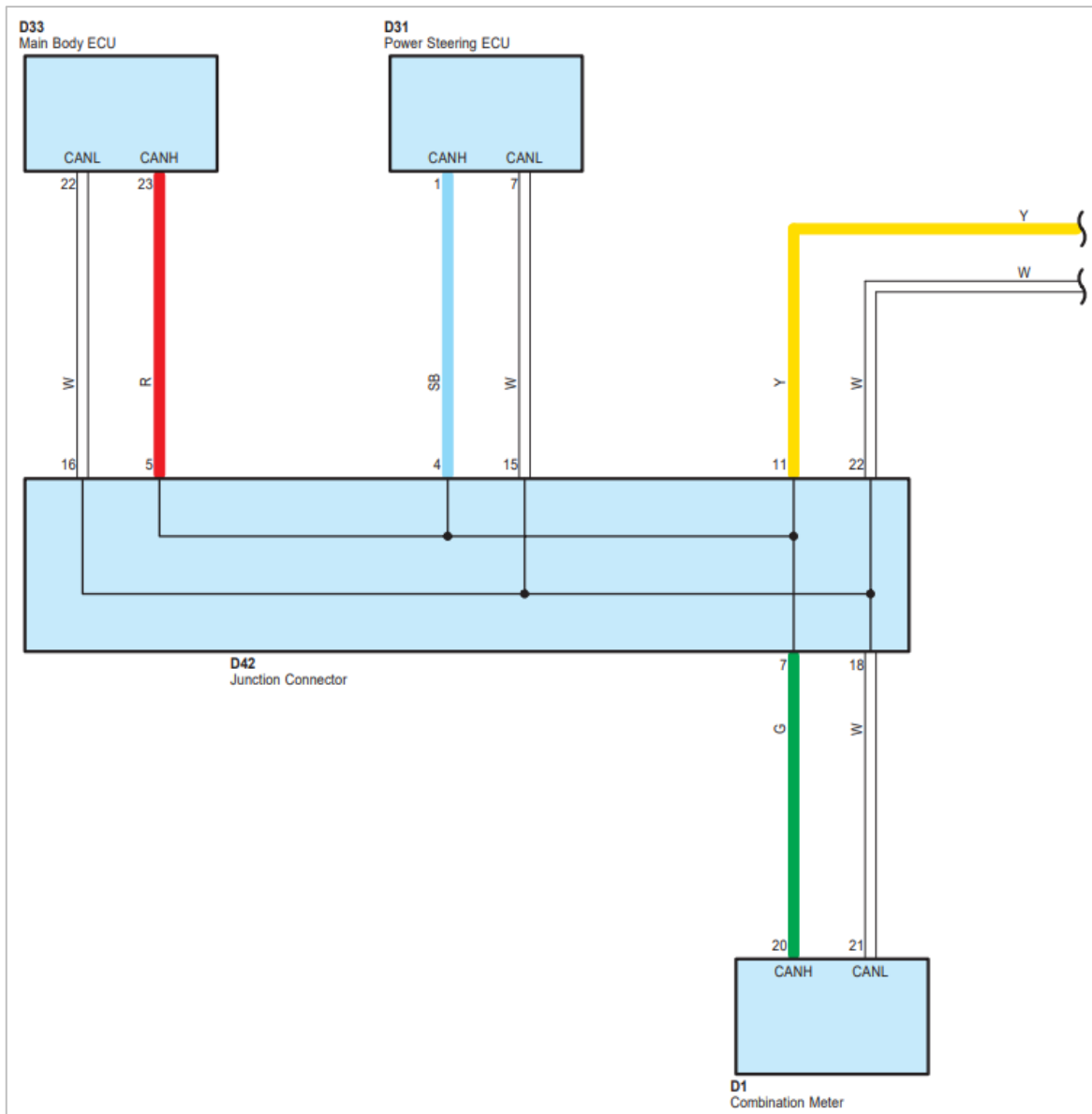
Este trabajo propone realizar un estudio de las redes multiplexadas y protocolos de comunicación en tres vehículos de la marca Toyota, dos de tipo convencional y uno híbrido en diferentes años de fabricación con el objetivo de analizar los eventos que se producen al efectuar la comunicación entre módulos dentro del sistema con la finalidad de realizar un diagnóstico adecuado de este tipo de redes que cada vez es más común dentro de la automoción.

#### 4.1 Procesamiento, análisis e interpretación de resultados

##### 4.1.1 *Análisis bibliográfico de la red multiplexada*

##### 4.1.1.1 *Análisis de la red multiplexada del Toyota Yaris 2009*

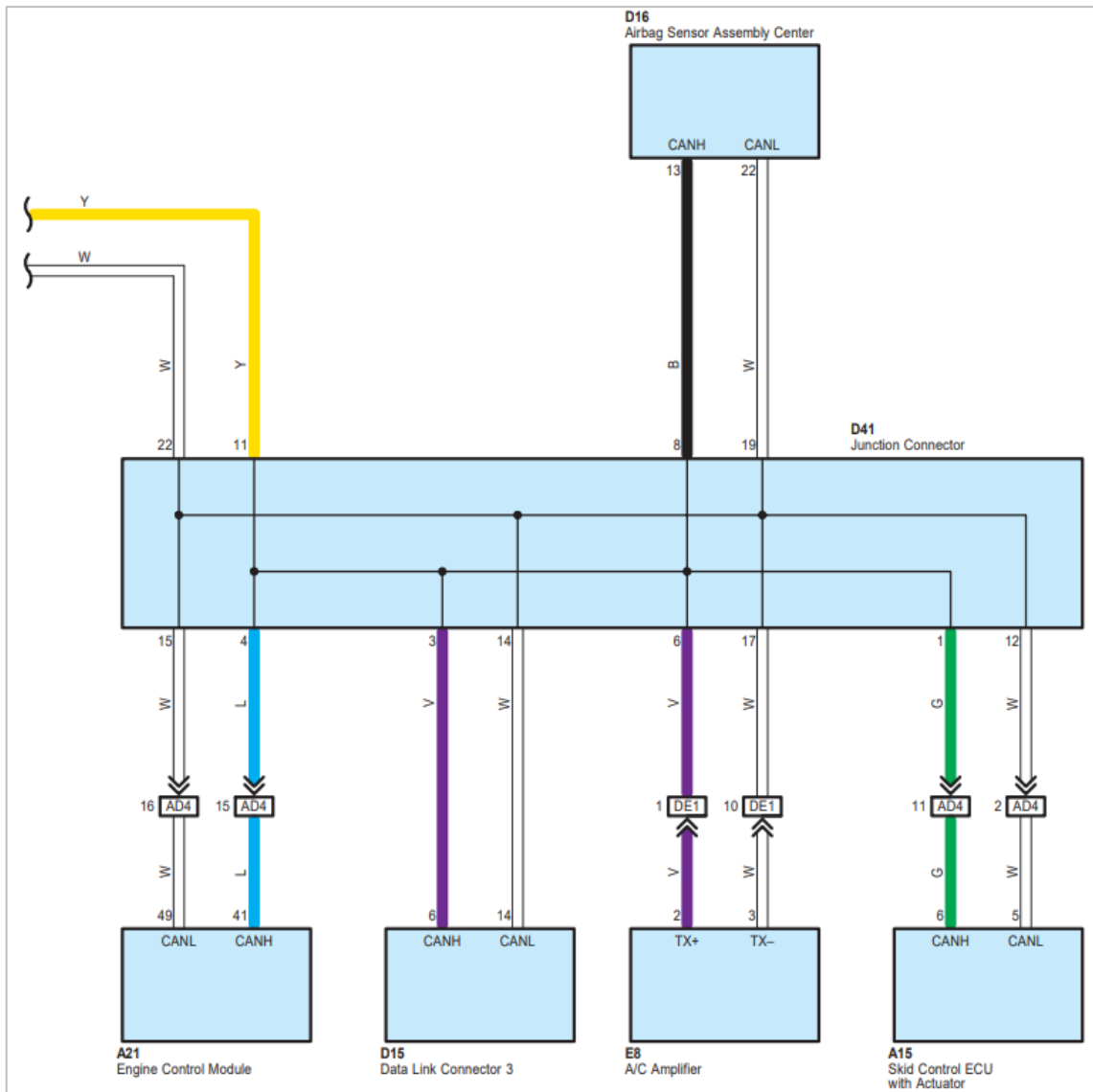
En base al software Mitchel On Demand se obtuvo la información necesaria de los vehículos seleccionados por los autores como son: Toyota Yaris 2009, Toyota Prius Clase C 2010 y Toyota Yaris 2020 tanto los diagramas eléctricos, manuales de reparación y más información la cual apporto de gran manera al desarrollo de la investigación. En base a la información específica de cada automóvil podemos analizar los siguientes esquemas topológicos que la marca Toyota estableció para la fabricación de sus vehículos en sus diferentes líneas de fabricación.



**Ilustración 4-1:** Diagrama del sistema eléctrico del Toyota Yaris 2009

**Fuente:** Toyota Sienna, 2010.

De acuerdo con el diagrama eléctrico del vehículo Toyota Yaris 2009 el sistema multiplexado del vehículo es generado mediante la línea CAN en el cual menciona que los conectores D41 y D42 son responsables de transmitir la información mediante el protocolo de comunicación CAN Bus. De esta forma las computadoras encontradas en el sistema están enlazadas a través de un puente siendo el conector D42 el cable de color amarillo en el pin número 11 se enlaza al terminal N11 del conector D41 y de igual manera el pin N22 del conector D41 se conecta al pin N22 del conector D42. La topología de esta red es de tipo bus la cual identificamos según la (Ilustración 4-1) en ella podemos identificar los módulos existentes.



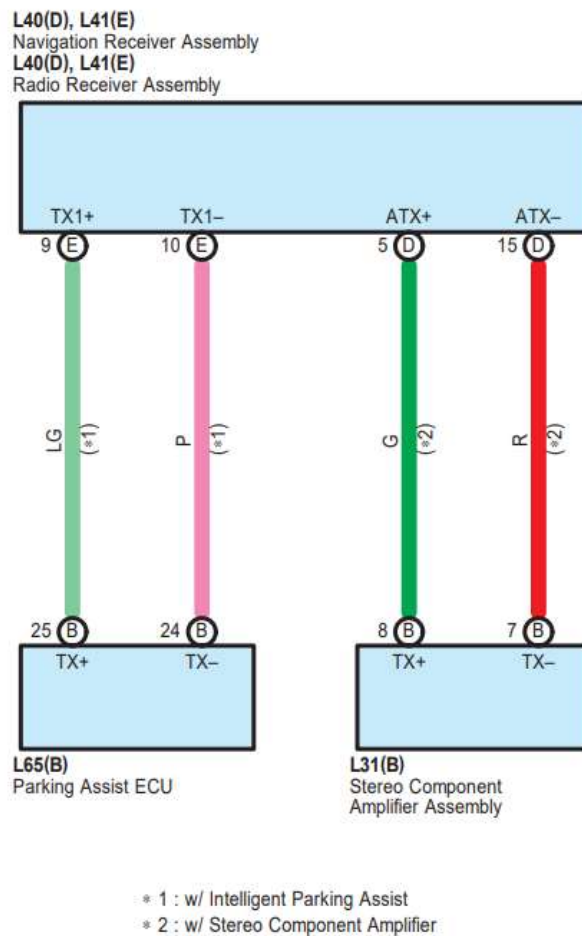
**Ilustración 4-2:** Diagrama del sistema eléctrico del Toyota Yaris 2009

Fuente: Toyota Sienna, 2010.

- Main Body ECU en el cual el pin número 16 del conector D42 se enlaza al pin numero 22 el cual es CANL y el pin número 5 del conector D42 al pin 23 es CANH.
- Power Steering ECU para que se transmitan los datos este va del conector D42 pin número 4 a enlazar con el pin numero 1 siendo estos el CANH, para el CANL se toma del pin número 15 del conector D42 al pin número 7 del módulo.
- Combination meter su conector es denominado D1 en el cual para transmitir sus datos es tomado del D42 pin número 7 al pin número 20 del módulo D1 siendo este el CANH, el CANL interviene del conector D42 del pin 18 al pin 21 de su D1.
- Airbag Sensor Assembly Center enlazado desde del conector D41 mediante el pin número 8 al pin número 13 del módulo siendo este el CANH, para el CANL está conectado mediante el pin número 19 del conector D41 al pin número 22 del conector del Airbag.

- Engine Control Module esta direccionado para el CANL desde el pin 49 del conector A21 hacia el pin número 15 del conector D41 por lo cual el CANH del conector D41 está en el pin 4 hacia el pin número 41 del conector A21.
- DLC3 Constatamos que está ubicado el CANH en el pin 6 y va direccionado al pin número 3 ubicado en el conector D41
- A/C Amplifier Trabaja con TX+ comunicando sus datos mediante el pin 2 al pin 6 del conector D41 y en el número 3 de conector E8 es el TX-se enlaza al pin número 17 del conector D41.
- Skid Control ECU with Actuator su conector está identificado como A15 en el cual para el CANL es el pin 5 el cual enlaza al pin número 12 del conector D41 para la comunicación del CANH se utiliza el pin número 1 del conector común D41 al pin 6 del conector.

#### 4.1.1.2 Análisis de la red multiplexada del Toyota Prius Hibrido 2010

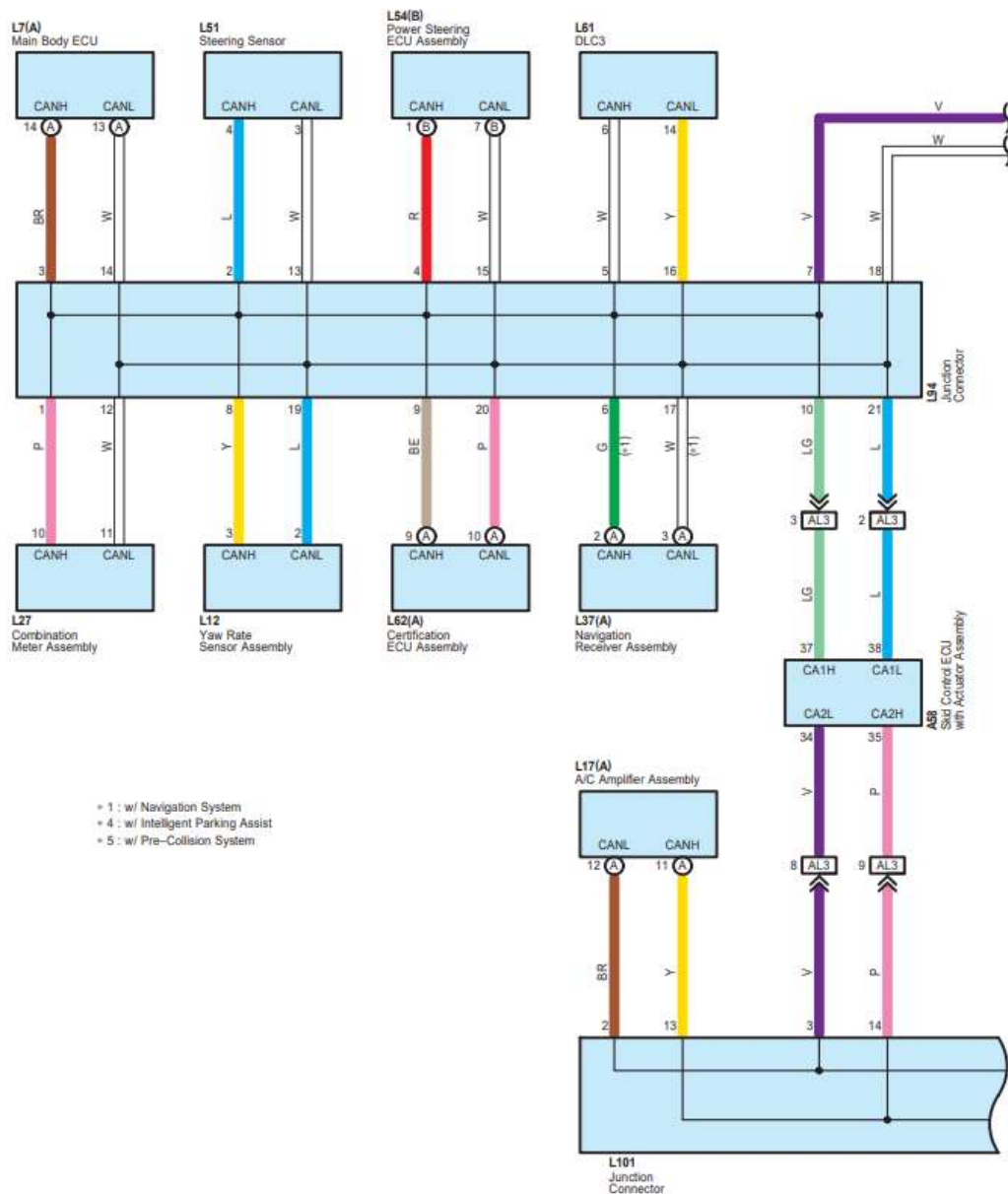


**Ilustración 4-3:** Diagrama del sistema eléctrico del Toyota Prius híbrido 2010

**Fuente:** Toyota Sienna, 2010.

Mediante el diagrama eléctrico del vehículo Toyota Prius Híbrido del año 2010 tenemos una red de comunicación AVC-LAN la cual está destinada al infotainment por los diversos componentes que se manejan para lo cual esta red pasa sus datos a través de la Gateway mediante el conector L41(E), este conector esta direccionado por 4 cables los cuales del L41(E) el pin 9 (TX1+) se dirige hacia el pin 25 (TX+) del conector L65(B) y su direccionado se enlaza desde el módulo del pin número 24 (TX-) hacia el pin 10 que es el TX1- de esta manera se comunica la red multiplexada AVC-LAN del Toyota Prius Híbrido.

### Multiplexado CAN Toyota Prius Híbrido 2010



**Ilustración 4-4:** Diagrama del sistema eléctrico del Toyota Prius Híbrido 2010

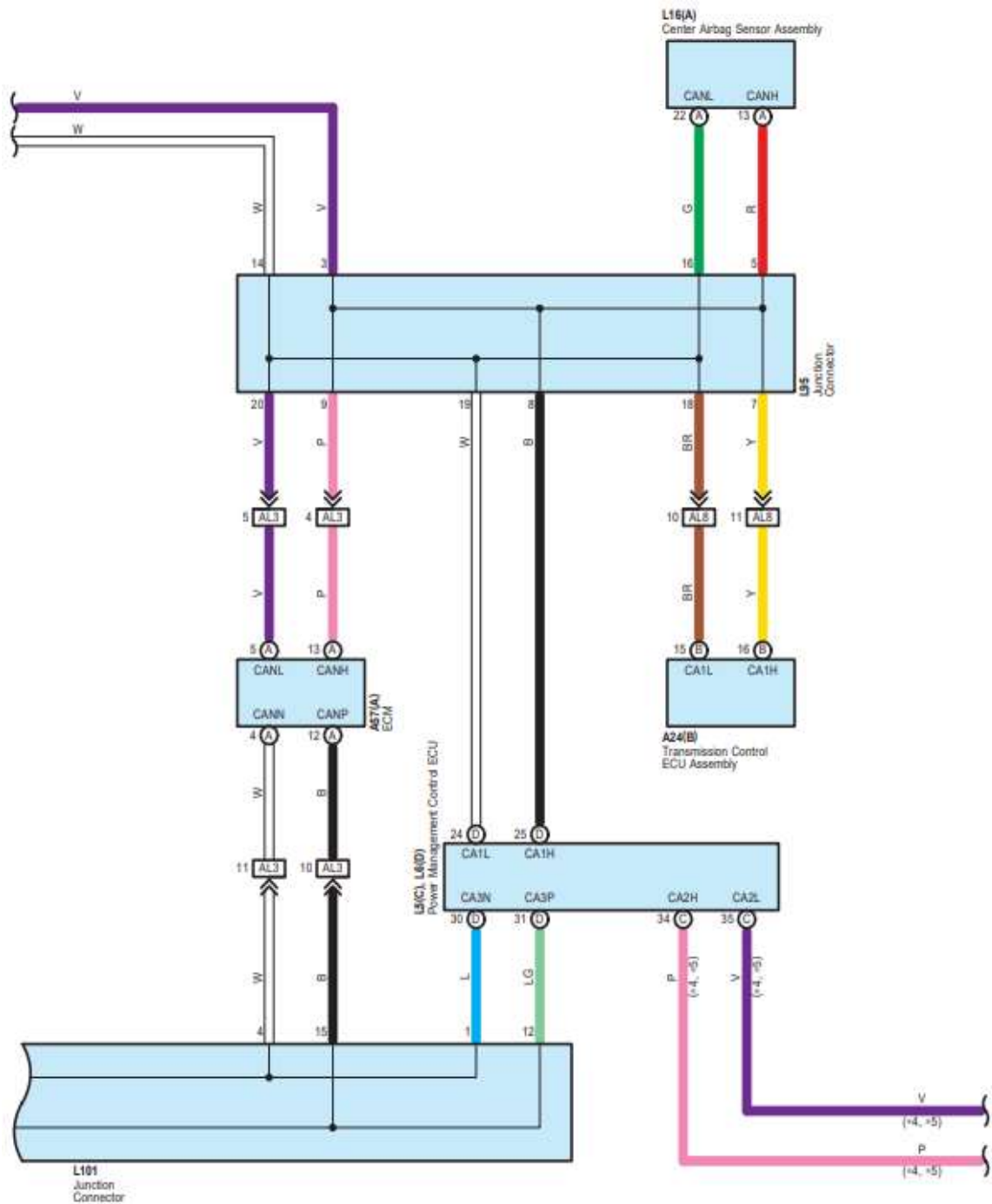
Fuente: Toyota Sienna, 2010.

En la red multiplexada del modelo Prius Híbrido 2010 se identificó a través de su esquema eléctrico de la (Ilustración 4-4) en el cual su diseño de red es mediante el protocolo de comunicación CAN Bus en la cual es utilizada con el fin de controlar varias computadoras existentes para esta tecnología híbrida en el Ecuador.

- Los terminales 7 y 8 del conector L94 se encuentran enlazados a los terminales del conector L95 de los terminales 14 y 13 respectivamente el cual permite continuar la topología bus la cual controla la gestión electrónica del automotor, así como lo indica las (ilustraciones 4-3 & 4-4).
- Combination Meter Assembly su conector para el bus esta denominado como L94 en el cual se direcciona desde el pin 1 CANH al pin número 10 del conector L27 y su CANL va desde el conector común del pin 12 hacia el pin número 11 del conector del módulo.
- Main Body ECU va direccionado para la línea de CANH del conector común del pin 3 al pin número 14 del conector L7(A) y el pin número 14 del conector L94 hacia el pin 13 del CANL del conector del módulo.
- Steering Sensor su par trenzado está dirigido desde el conector común del pin número 2 siendo el CANH hacia el pin 4 del módulo para el CANL desde el pin 13 del conector común se dirige al pin número 3 del conector L51.
- Yaw Rate Sensor Assembly en el cual su conector esta denominado como L12 en el cual el pin del conector común es 8 para dirigirse al pin número 3 siendo el CANH para el CANL se toma el pin 19 del conector L94 dirigido al pin número 2 del conector del módulo.
- Certification ECU Assembly su conector es denominado L62(A) en el cual va dirigido su bus desde el conector común su CANH va del pin número 9 dirigido al pin 9 del conector del módulo y su CANL va dirigido del conector L94 del pin 20 al pin número 10 del conector L62.
- Power Steering ECU Assembly va direccionado del conector L94 para el bus del CANH del pin 4 dirigido al pin 1 del conector del módulo y para el CANL ocupa el pin 15 del terminal de conexión común el cual llega al pin número 7 del conector L54(B).
- DLC3 o el OBD II está nombrado como L61 en el cual de acuerdo con la SAE el CANH se sitúa en el pin número 6 y el CANL ubicado en el pin 14 en el cual se dirige cada uno de ellos al conector común L94 para que el pin número 5 este vinculado al 6 del DLC y el pin 14 esta esta direccionado al terminal 15 del conector común.
- Navigation Receiver Assembly denominado su conector L37(A) en el cual sus terminales de enlace para el CANH desde el conector común es el pin 6 dirigido al pin número 2 del y su terminal 17 del conector común se dirige al pin número 3 del conector L37(A).



- Skid Control ECU with Actuator Assembly el pin 10 del conector común se dirige al pin número 37 del módulo para ser controlado por el CANH, el control del terminal 21 del conector común se dirige al terminal número 38 del conector A58 el cual es CANL. Además, es secuenciado al conector L101 para su control en el conector común L101 el CANH es dirigido el pin 14 hacia el A58 en el terminal número 35 y para el CANL está el pin número 3 dirigido al terminal 34 del conector del módulo.



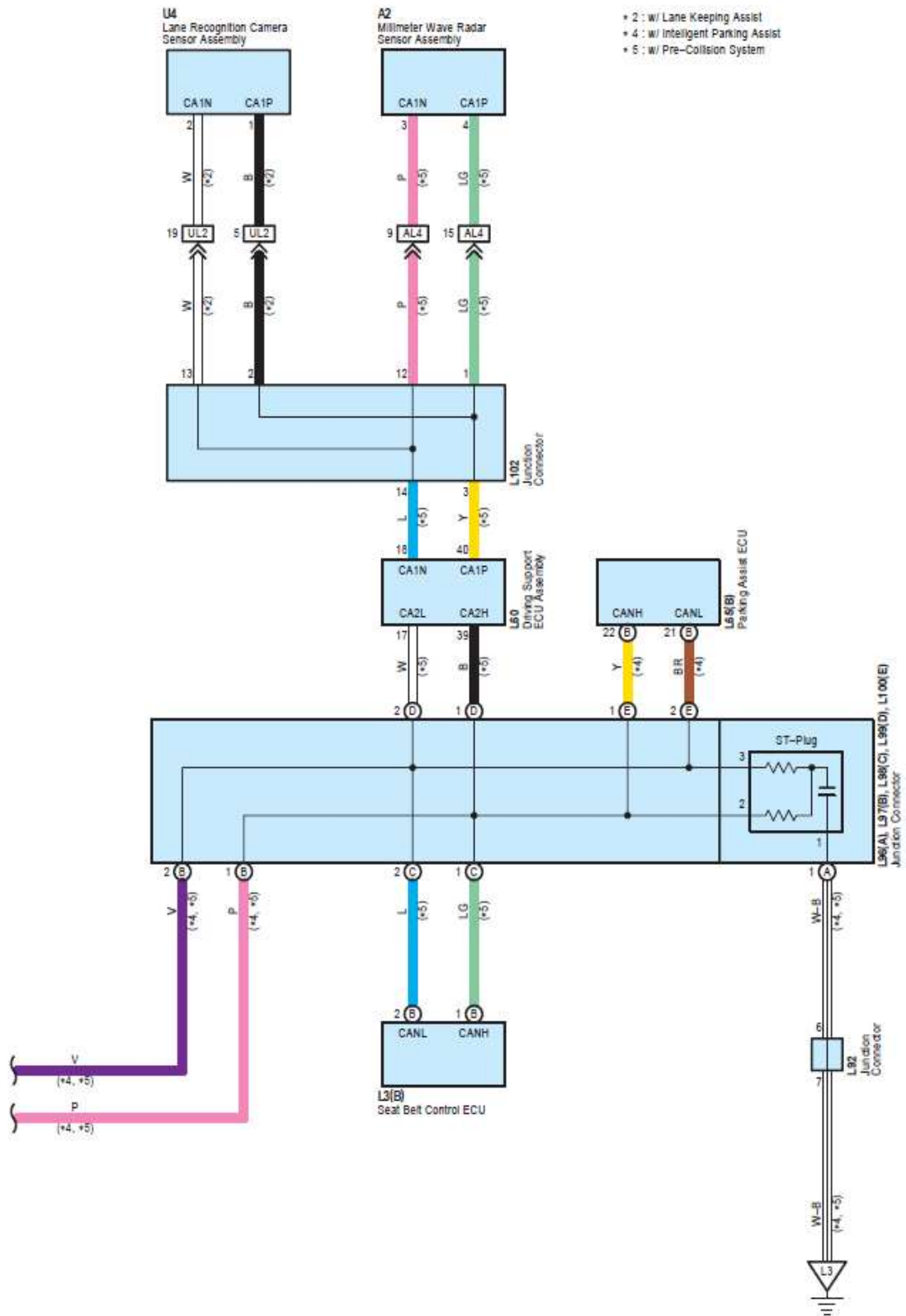
**Ilustración 4-5:** Diagrama del sistema eléctrico del Toyota Prius Híbrido 2010

Fuente: Toyota Sienna, 2010.

- Center Airbag Sensor Assembly este va acoplado su línea de bus al conector común L95 el cual su terminal 16 CANH va dirigida al terminal número 22 del conector del módulo por el contrario su CANL tiene como terminal número 5 del conector común el cual va enlazado al terminal 13 del conector L16(A).
- ECM del vehículo tiene el puerto CANH del conector común L95 del pin número 20 dirigido hacia el pin 5 de la engine control module para el CANL va del pin 9 del conector común hacia el pin número 13. Debido a que la centralita del motor requiere la información de primera mano se comparte los datos con el conector común L101 el cual da información del terminal 4 al terminal número 4 del conector A57(A) el cual es un CANN y en su CANP interviene el terminal 15 del conector L101 hacia el terminal número 12 del módulo de control.
- Transmission Control ECU Assembly representado el CA1L en el conector común por el terminal 18 y para el módulo su terminal es 15, su terminal número 7 del conector L95 se direcciona al terminal CA1H del conector A24(B) de la unidad de control.
- Power Management Control ECU modulo en el cual enfatizamos sus pines del CAN Bus ya que se captara su oscilograma, este comparte dos conectores comunes tanto el L95 además del L101 se identifica para el conector L95 su pin 19 se dirige al pin 24 siendo el CA1L, del conector L95 el pin 8 se enlaza al pin número 25 del conector del módulo denominado L6(D), para enlazar al conector L101 el terminal número 1 de color azul está dirigido hacia el terminal número 30 del conector L6(D) de la unidad de control en el cual identificamos su CA3P que va dirigido del pin 13 del conector común hacia el pin número 31 del módulo de la batería híbrida. Los pines numero 34(CA2H) y 35(CA2L) se enlazan al conector bus L96(A), L97(B), L98(C), L99(D), L100(E) cabe considerar que estas puertas de enlaces funcionan en los Prius que incorporen el sistema de Intelligent Parking Assit o Pre-Collision System
- Lane Recognition Camera Sensor Assembly conector es denominado U4 el cual para su CA1N con color de cable blanco toma el pin número 13 del conector común se traslada al conector U4 del pin 2, el cable de color negro de pin 2 va dirigido al pin número 1 del conector del módulo mencionado.
- Millimeter Wave Radar Sensor Assembly cada uno de los cables identificados por colores distintos son utilizados para transmitir los datos del cable de color rosado del pin 12 del conector común se traslada al pin 3 del conector del módulo el cual es un CA1N, para su CA1P va del conector común L102 del pin número 1 el cual se traslada al pin 4 del conector A2 el cual es del módulo.
- Driving Support ECU Assembly en este módulo se entrelazan dos conectores para el bus data en el cual uno de ellos es denominado L102 en el que el cable de color amarillo del

conector común su pin 14 se encamina al pin 18 del CA1N, del conector común el pin 3 de cable de color amarillo se integra al pin 40 siendo este el CA1P. En su conector número dos está denominado como L99(D) en el cual para su CA2L esta direccionado del conector común del terminal número 2 hacia el pin 17 del conector L60, para su CA2H está encaminado del termina 1 hacia el terminal número 39 del módulo mencionado.

- Parking Assist ECU con su conector L65 en el cual su CANL es un cable de color café el cual tiene como pin número 2(E) del conector L100(E) y encaja al módulo en su pin número 21(B), el cable de color amarillo esta enlazado del módulo común del pin 1(E) dirigido al conector del módulo del pin 22(B) a través de ellos se enlaza la comunicación de datos CANH.
- Seat Belt Control ECU en la actualidad la seguridad pasiva ha logrado reducir la tasa de mortalidad gracias a su implementación en la cual su comunicación para este vehículo se dirige desde el conector común L98 del terminal número 2(C) hacia el terminal 2(B) del conector del módulo de control denominado L3(B) en cual contamos con un CANL, para el CANH el pin 1(C) situado en el conector L98 se vincula al terminal número 1(B) de la ECU.
- El conector L96(A) está destinado a ser tierra el cual tiene un puente de enlace al conector L92 y posterior su cable de color blanco con raya negra se ajustará a ser GND del sistema.

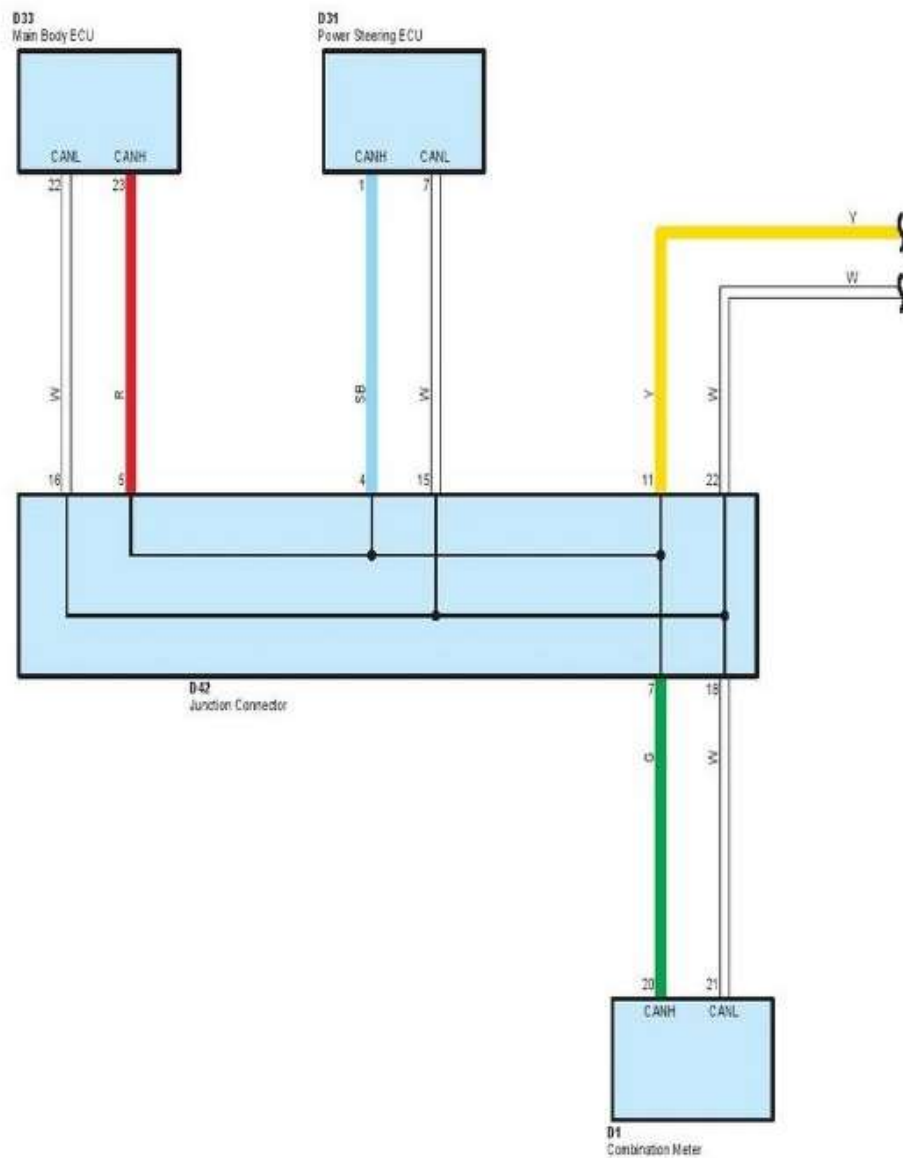


**Ilustración 4-6:** Diagrama del sistema eléctrico del Toyota Prius Híbrido 2010

Fuente: Toyota Sienna, 2010.

### 4.1.1.3 Análisis de la red multiplexada del Toyota Yaris 2020

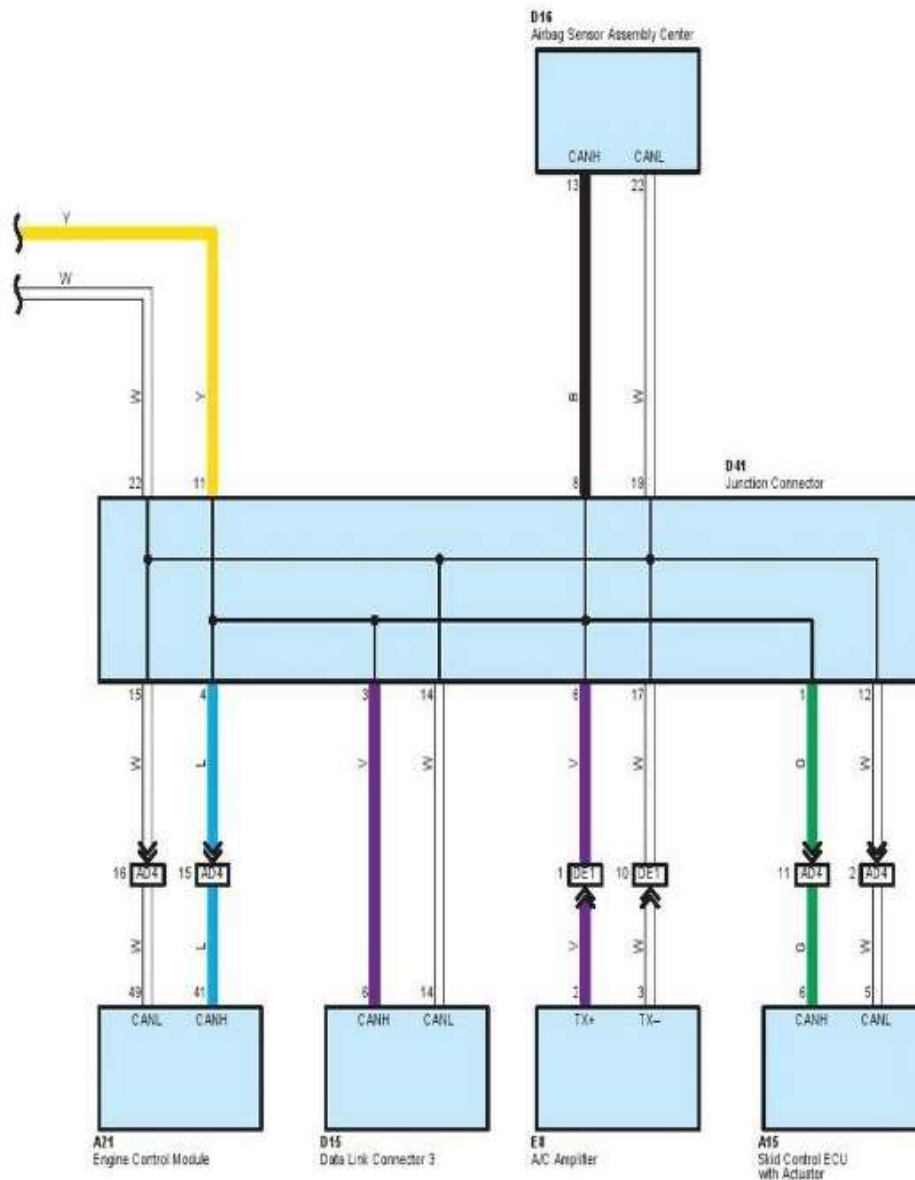
La intervención el sistema multiplexado data a este vehículo por el protocolo CAN al igual que su antecesor el vehículo Yaris 2009, en el cual se identifica a través de la (Ilustración 4-7 & 4-8) la interconexión estipulada por su fabricante, en el cual cada uno de sus módulos electrónicos son interconectados a través de dos conectores denominados por la marca Junction Connector D41 y Junction Connector D42 para los cual se detallará a continuación su bus de comunicación.



**Ilustración 4-7:** Diagrama del sistema eléctrico del Toyota Yaris 2020

**Fuente:** Toyota Motor Sales, 2023.

- Main Body ECU: Para su comunicación CAN este módulo va dirigido del conector común del terminal número 5 se traslada al terminal número 23 para su CAN H, su otro terminal del conector común es el número 16 el cual se dirige al terminal número 22 para su CANL del conector D33.
- Power Steering ECU: El conector de este módulo es denominado como D31 para su CANH se enlaza del conector común de pin 4 hacia el pin 1 del conector D31 y su CANL se toma desde el conector común del bus del pin número 4 hacia el pin 1 del conector del módulo de control.
- Combination Meter: La comunicación CAN del módulo electrónico se une mediante el bus del conector común D42 sus pines para el CANH va desde 7 hacia el pin número 20 el cual su cable es de color verde, para el CANL tiene el pin 18 en el conector común hacia el pin 21 del conector D1 del módulo electrónico.
- Engine Control Module: Su modulo tiene enlazado del pin 15 del conector común direccionado al pin 49 de la ECM para su CANL y el CANH se enlaza de su conector común del pin número 4 hacia el pin número 41.
- Data Link Connector 3: Habitual mente denominado conector OBD II al igual que su línea antecesora el Yaris 2009 esta normado bajo la SAE con el pin 6 siendo CAN HIGH y 14 siendo CAN LOW, estos se enlazan al bus al conector común D41 en el cual el pin número 6 se dirige al CAN HIGH y su cable de CAN LOW del DLC3 va hacia el conector común D41 al pin número 14.
- AC Amplifier: Este módulo de control trabaja con el par trenzado desde el conector comun del terminal número 6 hacia el conector del módulo en el terminal 2 con cable de color morado para su TX+, en el TX- con cable de color blanco se dirige del conector común del terminal número 17 hacia el conector del módulo de control de su conector E8 siendo el terminal número 3.
- Airbag Sensor Assembly Center: Sus dos cables del CAN BUS son de color negro y color blanco, el CANH es de color negro va dirigido del conector común del pin número 8 hacia el pin número 13 del conector E8, el cable de color blanco del conector común de su pin número 19 se traslada al pin número 22 del conector del módulo de las bolsas de aire.
- Skid Control ECU with Actuador: Su cable de color verde va dirigido para el CANH su pin del conector comun es el número 1 el cual se traslada al pin 6 de módulo de control, el pin 12 del conector común (D41) va dirigido al pin 5 siendo este cable de color blanco además de ser el CANL, el conector del módulo es denominado como A15.



**Ilustración 4-8:** Diagrama del sistema eléctrico del Toyota Yaris 2020

Fuente: Toyota Motor Sales, 2023.

#### 4.1.2 Topología de los sistemas multiplexados.

Los vehículos de la marca Toyota presentan un complejo sistema de intercomunicación entre sus unidades de control con el objetivo de intercambiar información entre ellos y con los demás componentes del sistema electrónico del automóvil. En el caso puntual del modelo Yaris de la marca Toyota no tienen una Gateway que actuara como punto central de comunicación y traducción de datos entre los diferentes módulos del vehículo, en el modelo Prius si cuenta con Gateway que ayuda a realizar una comunicación segura y sin problemas entre las redes.

Para acceder a esta información el sistema electrónico del vehículo debe en funcionamiento, debemos comunicar nuestro escáner automotriz al puerto DLC que recibe información de los módulos por medio de las redes multiplexadas utilizadas en cada uno de los modelos utilizados en el presente trabajo de titulación.

Cabe recalcar que para obtener las topologías es muy importante contar con un escáner automotriz de gama alta debido a que vienen equipado con este tipo de funciones adicionales a sus sistemas operativos, además de contar licencias para obtener acceso a la información de las marcas de vehículos. Al utilizar un escáner automotriz multimarca las abreviaturas de los módulos de control presentados cambian dependiendo del tipo de equipo, la zona donde este ubicado y el tipo de sistema operativo que tenga incorporado.

#### *4.1.2.1 Toyota Yaris 2009*

En el caso de estudio del vehículo Toyota modelo Yaris año 2009 al momento de conectar el escáner automotriz obtenemos información de los módulos electrónicos asociados al vehículo como los son el Módulo de control del cuerpo (BCM) que gestiona y controla varias funciones relacionadas con el cuerpo del vehículo como los limpiaparabrisas, luces, vidrios eléctricos, entre otros que está conectada a una red Can que hace referencia a una red Can de baja velocidad o confort usada comúnmente para este tipo de funciones.

También tenemos módulos asociados a una red Can de alta velocidad o Can tracción como el módulo de control del Motor (ECM) que es el encargado de gestionar las funciones que se relacionan con el motor y el sistema de inyección de combustible, el panel de instrumentos (IPS) que brindan información sobre el estado o rendimiento del automóvil al conductor y el módulo del sistema de frenos antibloqueo (ABS) que controla el sistema de frenos antibloqueo del vehículo.

Los módulos asociados a la línea K de diagnóstico son el módulo SRS que se encarga de controlar el sistema de bolsas de aire y cinturones de seguridad equipados en el vehículo.





**Ilustración 4-9:** Topología Toyota Yaris (2009)

**Realizado por:** Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

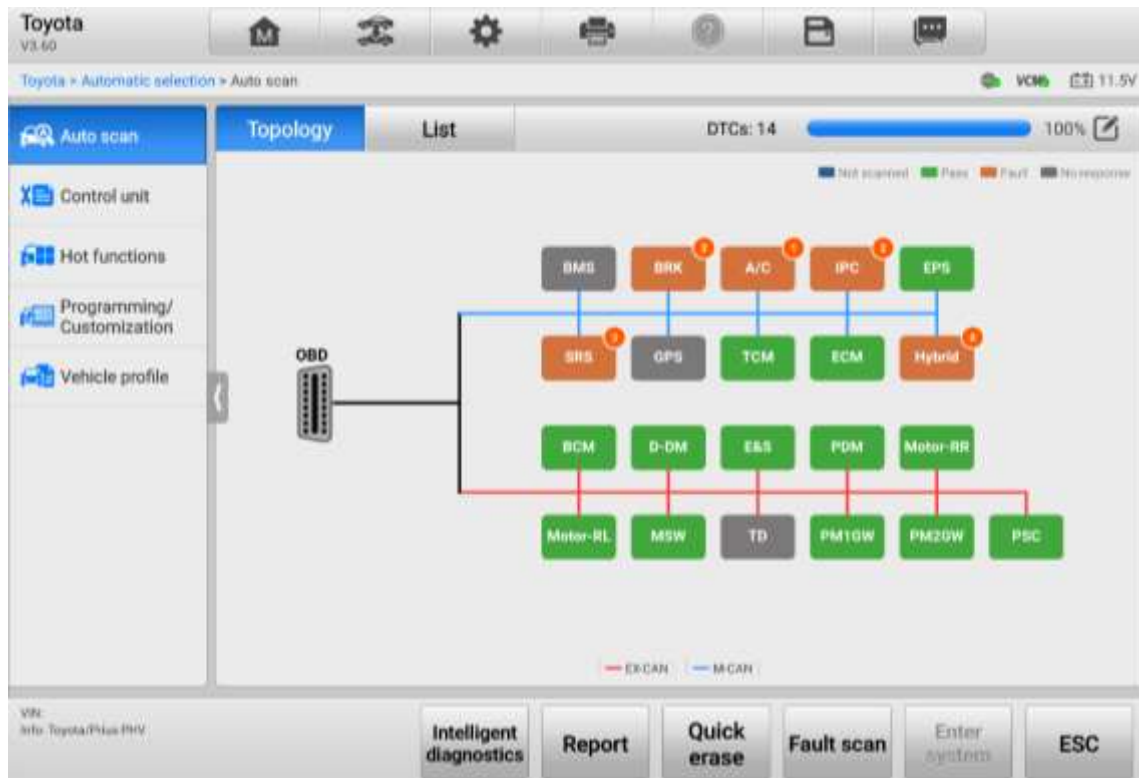
#### 4.1.2.2 Toyota Prius 2010

En el caso del vehículo Toyota marca Prius del año 2010 trabaja con un sistema multiplexado muy complejo debido al sistema híbrido que incorpora este tipo de vehículos. Aun así, hay que recalcar que en la topología mostrada por el escáner Autel MaxiSys Ultra el vehículo cuenta con dos redes multiplexadas Can, una de alta velocidad y una red Can de baja velocidad. Se determinará que tipo de red está conectada a cada módulo a partir de las señales obtenidas y el cálculo de la velocidad de transmisión de datos que lleva cada una de ellas.

La primera red multiplexada está conectada a módulos como el Battery Management System (BMS) encargado de gestionar toda la parte electrónica, almacenaje y control de las baterías de alto voltaje, módulo de sistema de frenos antibloqueo (ABS), módulo del aire acondicionado (AC), el panel de instrumentos (IPS), módulo de la dirección electrónica asistida del vehículo (EPS), módulos (SRS) encargado de controlar las bolsas de aire y cinturones de seguridad, módulo de control de la transmisión (TCM), módulo de control del motor (ECM) y un módulo que gestión el sistema híbrido del vehículo para conseguir propulsar el vehículo.

La segunda red Can conecta a módulos como módulo de control del cuerpo (BCM), Módulo de control de la transmisión asociado al sistema híbrido del vehículo (D-DM), sistema de entrada y arranque sin llave (E&S) para desbloquear las puertas y arrancar el vehículo sin una llave física, módulo de distribución de energía (PDM) que distribuye la energía eléctrica a los diferentes

módulos y sistemas que integran al vehículo, dos módulos independientes que controlan la apertura y cierre de las puertas traseras tanto derecha como izquierda (Motor-RR) & (Motor-RL), módulo de control de las ventanas eléctricas (MSW), Dos módulos (Gateway) que comunican bidireccionalmente los diferentes sistemas del vehículo, tanto el motor de combustión interna (PM1GW) y el motor eléctrico (PM2GW) para conseguir que la transferencia de datos sea muy efectiva en todo el vehículo híbrido y un módulo de control de la fuente de energía (PSC) que aseguran una distribución eficiente de energía de la tracción eléctrica del vehículo.

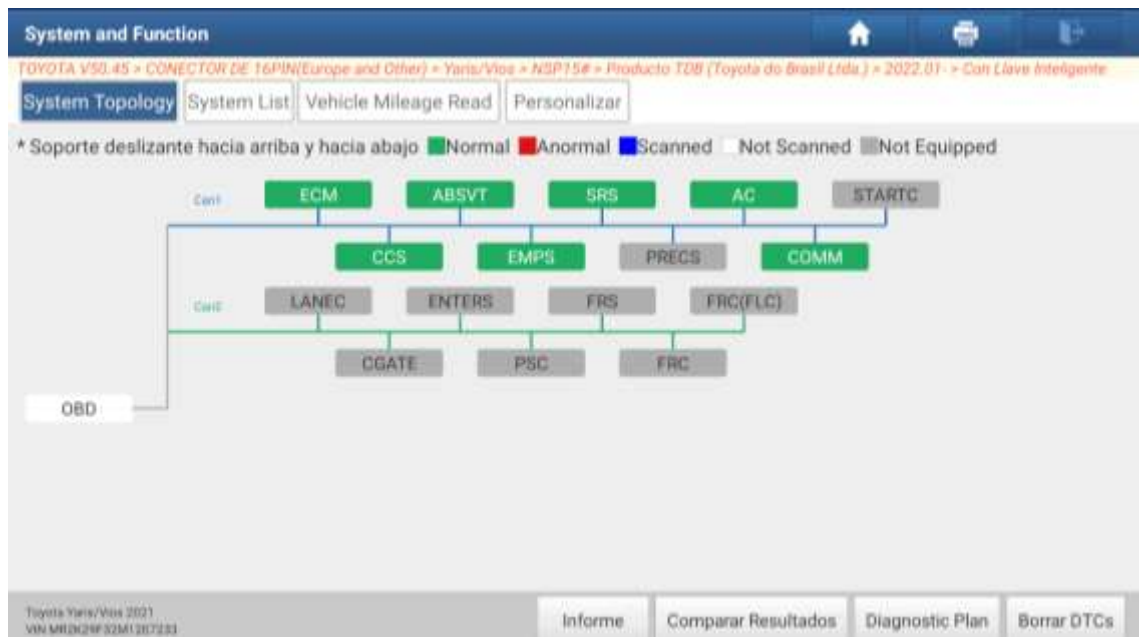


**Ilustración 4-10:** Topología Toyota Prius (2010)

**Realizado por:** Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

#### 4.1.2.3 Toyota Yaris 2020

En el vehículo Toyota Yaris año 2020 los módulos están asociados a una sola red de comunicación de alta velocidad o Can tracción donde podemos hallar el módulo de control del motor (ECM), módulo de sistema de frenos antibloqueo (ABS), módulos (SRS) encargado de controlar las bolsas de aire y cinturones de seguridad, sistema de control de crucero (CCS) que permite mantener el vehículo a una velocidad constante sin necesidad de pisar el acelerador, módulo de la dirección electrónica asistida del vehículo (EMPS), modulo del aire acondicionado (AC) y el módulo del panel de instrumentos del vehículo o también llamado (COMM) por algunos escáner automotrices multimarca.



**Ilustración 4-11:** Topología Toyota Yaris (2020)

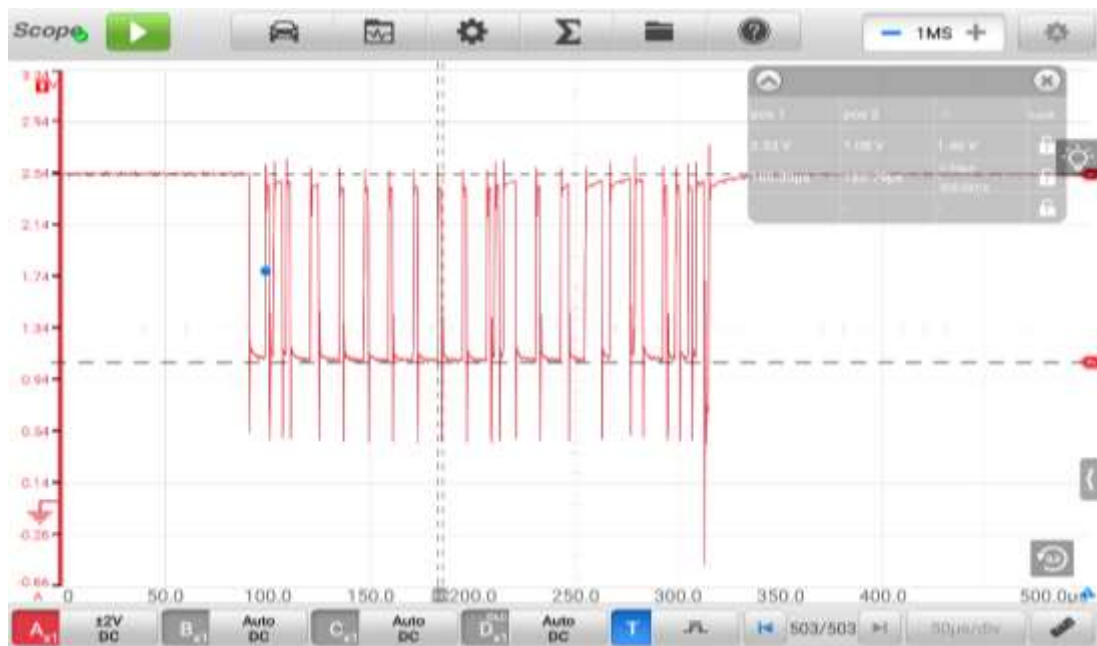
**Realizado por:** Barrera E., Tiuquina L., 2023.

### 4.1.3 Análisis de las Redes disponibles en los vehículos.

En el sector automotriz el protocolo CAN se utiliza para una tasa de transferencia de datos de alta velocidad, entre 500 kilobits por segundo (kbps) a 1 megabit por segundo (Mbps) para poder comunicar entre sí unidades de control electrónico y algunos sensores de una manera muy precisa y sin retrasos además de garantizar una compatibilidad con la mayoría de los fabricantes de productos relacionados con el sistema electrónico del vehículo. También se unas una red Can de baja tasa de transferencia de datos, entre 100 y 125 kilobits por segundo (kbps) usados para interconectar módulos de carrocería, seguridad y confort del vehículo. Todo esto sumado a un sistema libre de fallos debido al trabajo crucial que debe desempeñar el sistema electrónico en el funcionamiento y seguridad del vehículo.

Un bus LIN con calidad de protocolo de red económico que resulta suficiente para realizar muchas de las aplicaciones de confort dentro del vehículo, su baja velocidad de transmisión de datos, entre 1 y 10 kilobits por segundo (kbps) y exigencias de seguridad reducidas la convierte en una red de transmisión de datos ideal para funciones especiales de confort como eleva vidrios eléctricos, intermitentes laterales, cierre centralizado.

#### 4.1.3.1 Análisis del CAN BUS LOW del automóvil Toyota modelo Yaris 2009



**Ilustración 4-12:** Comportamiento de onda CAN LOW Toyota modelo Yaris 2009

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

Con base bibliográfica en el diagrama eléctrico del vehículo, manual de taller y topología del automotor Toyota Yaris 2009 determinamos la forma de onda según la (Ilustración 4-12) tomada desde el pin 14 el cual de acuerdo con la SAE es CAN LOW, mediante el oscilograma identificamos los valores referenciales de acuerdo con la (tabla 4-1).

**Tabla 4-1:** Voltajes referenciales de la red CAN LOW Toyota Yaris 2009

CAN LOW		
Descripción	Voltajes referenciales (V)	Estado de Bit
Inicio	2.5	Recesivo
Caída	1.0	Dominante
Diferencial	1.4	-

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

La calidad de la señal depende de la longitud de la línea del bus, Configuración del osciloscopio, entre otros factores electromagnéticos. Estos voltajes determinados mediante el oscilograma obtenido por los investigadores permiten identificar la operación normal de funcionamiento de la red CAN LOW para lo cual de acuerdo con la (Ilustración 4-12) su onda es de tipo digital, identificamos que con el vehículo en KOEO el delta del voltaje para este tipo de red Can es de 1.46 V y su forma de onda actúa en 2.5 V.

#### 4.1.3.2 Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama

Para el cálculo de la velocidad de transmisión de datos necesitamos la longitud de bit más pequeño de la trama o también llamado tiempo de bit que es 2,54  $\mu\text{s}$ .

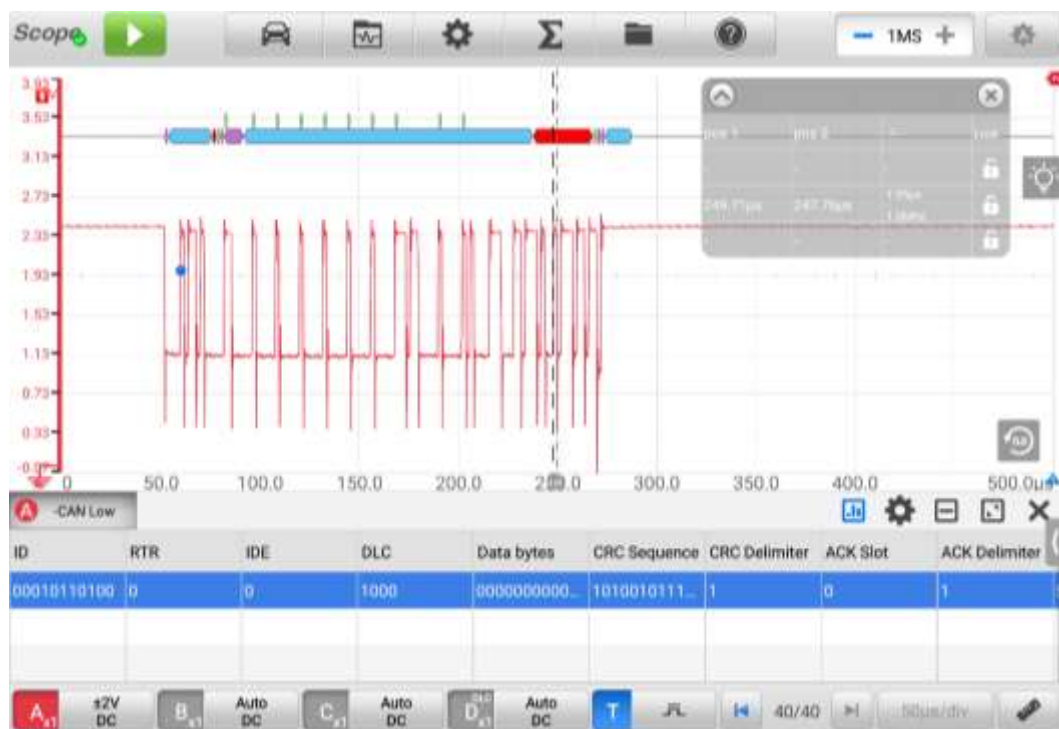
$$V_t = \frac{1 \text{ bit}}{2,54 \mu\text{s}} * \frac{1 \mu\text{s}}{1 * 10^{-6}\text{s}} = 393700 \text{ bits/s}$$

El resultado de la velocidad de transmisión de datos para la red Can Low del Toyota Yaris año 2009 es 393.7 kbps.

#### Decodificación de la trama

Los protocolos de comunicación constan de un lenguaje de comunicación entre los módulos del vehículo, para poder obtener la información del mensaje debemos decodificar la trama de datos por sus partes y contenido del mensaje en código binario.

- Velocidad de transmisión de datos: 500 kbps
- Nombre del protocolo de comunicación: Can Low
- Voltaje referencial de la red: 2 Voltios



**Ilustración 4-13:** Decodificación de la trama Can Low Toyota modelo Yaris 2009

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

**Tabla 4-2:** Decodificación de la trama Can Low Toyota Yaris 2009

Nombre del Campo	Sistema Binario	Sistema Hexadecimal	Longitud (bits)
SOF	0	0	1
ID	00010110100	B4	11
RTR	0	0	1
IDE	0	0	1
DLC	1000	8	64
CRC	10100111111001	29F9	15
Delimitador CRC	1	1	1
ACK	0	0	1
Delimitador ACK	1	1	1
EOF	1111111	7F	7

Realizado por: Barrera E., Tiuquina L., 2023.

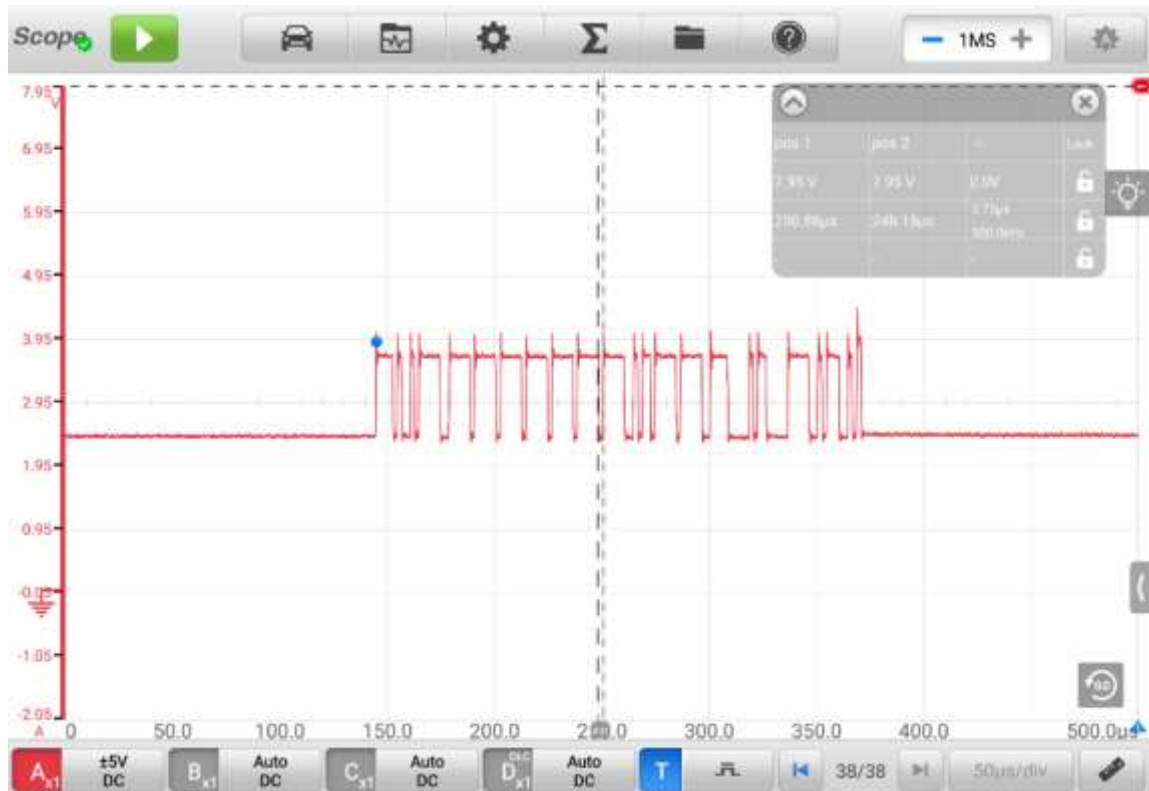
Con base en la (tabla 4-2) podemos identificar las partes de la trama tanto en formato hexadecimal como binario y consta de un campo de inicio denominado Start Of Frame (SOF) que se compone de un bit dominante y su función principal es informar a todos los módulos conectados que se va a enviar información además de la sincronización de los diferentes mensajes.

El identificador de la trama conocido como (ID) consta de 11 bits y concede la prioridad de un mensaje a otro conocido como dominante o recesivo. El bit de solicitud de transmisión remota (RTR) indica si la solicitud se trata de una trama remota o una trama de datos, el identificador (IDE) que muestra cuantos mensajes se puede procesar y depende si la red tiene un formato estándar que permite procesar  $2^{11}$  mensajes diferentes o ampliado que procesa  $2^{29}$  diferentes mensajes, un Campo de datos (DLC) que contiene el mensaje o los datos reales que se transmiten de un módulo a otro, un campo de seguridad (CRC) o campo de redundancia cíclica que detecta errores en la trama durante la transmisión de la información, consta de 15 bits y 1 bit recesivo denominado (delimitador CRC).

Campo de confirmación (ACK) que indica que la trama ha sido correctamente recibida por al menos un módulo o nodo receptor, consta de 2 bits y uno de ellos trabaja como (Delimitador ACK) que trabaja como delimitador de este campo. El fin de la trama (EOF) consta de 7 bits que indican el fin de la trama, siempre tienen un valor dominante 1 y 3 bits recesivos que actúan como separadores de trama.

Decodificación total de la trama en código binario: 000010110100001000101001111110011011111111, durante esta trama se transmiten 1475667 datos.

#### 4.1.3.3 Análisis del CAN HIGH BUS del automóvil Toyota modelo Yaris 2009



**Ilustración 4-14:** Comportamiento de onda CAN HIGH Toyota modelo Yaris 2009

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

Mediante el análisis del diagrama eléctrico del vehículo, manual de taller y topología del automotor Toyota modelo Yaris del año 2009 determinamos la forma de onda según la (Ilustración 4-14) tomada desde el pin 6 el cual de acuerdo con la SAE es CAN HIGH, mediante el oscilograma identificamos los valores referenciales de acuerdo con la (tabla 4-3).

**Tabla 4-3:** Voltajes referenciales de la red CAN HIGH Toyota Yaris 2009

CAN HIGH		
Descripción	Voltajes referenciales (V)	Estado de Bit
Inicio	2.5	Recesivo
Elevación	3.7	Dominante
Diferencial	1.3	-

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.



Estos voltajes determinados mediante el oscilograma obtenido permiten identificar la operación normal de funcionamiento de la red CAN HIGH para lo cual de acuerdo con la (Ilustración 4-14) su onda es de tipo digital, identificamos que con el vehículo en KOEO el delta del voltaje para este tipo de red Can es de 1,33 V y su forma de onda actúa en 2.5 V además la calidad de la señal mostrada por el osciloscopio depende de la longitud de la línea del bus.

#### 4.1.3.4 Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama

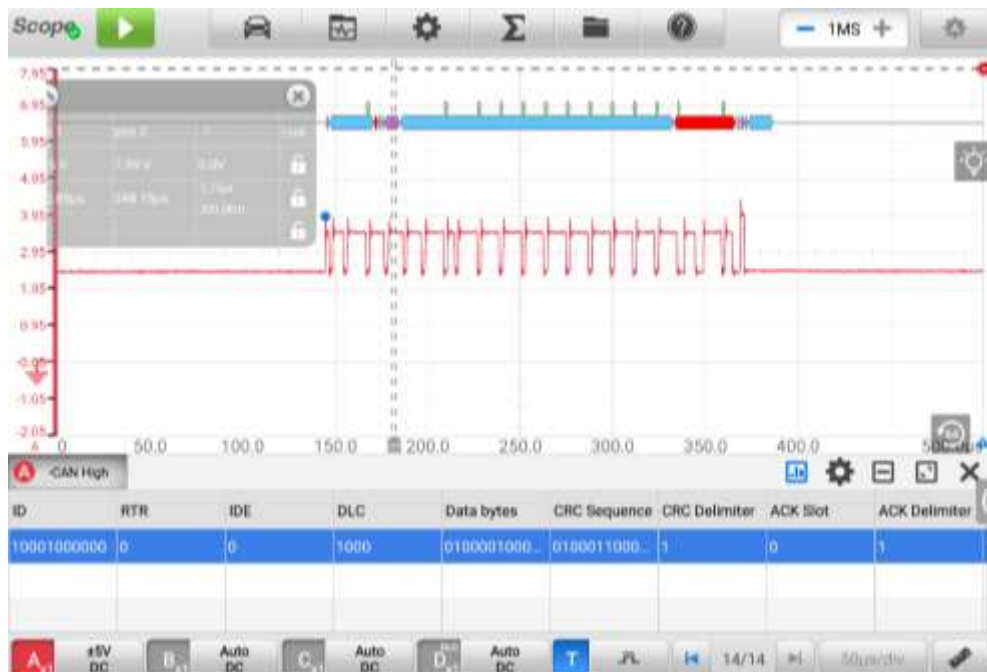
El tiempo de bit que es 2.54  $\mu$ s.

$$V_t = \frac{1 \text{ bit}}{2,54 \mu\text{s}} * \frac{1 \mu\text{s}}{1 * 10^{-6}\text{s}} = 393700 \text{ bits/s}$$

La velocidad de transmisión de datos para la red Can High del Toyota Yaris año 2009 es 393,7 kbps.

#### Decodificación de la trama

- Velocidad de transmisión de datos: 500 kbps
- Nombre del protocolo de comunicación: Can High
- Voltaje referencial de la red: 3 Voltios



**Ilustración 4-15:** Decodificación de la trama Can High Toyota modelo Yaris 2009

Realizado por: Barrera E., Tiuquina L., 2023.



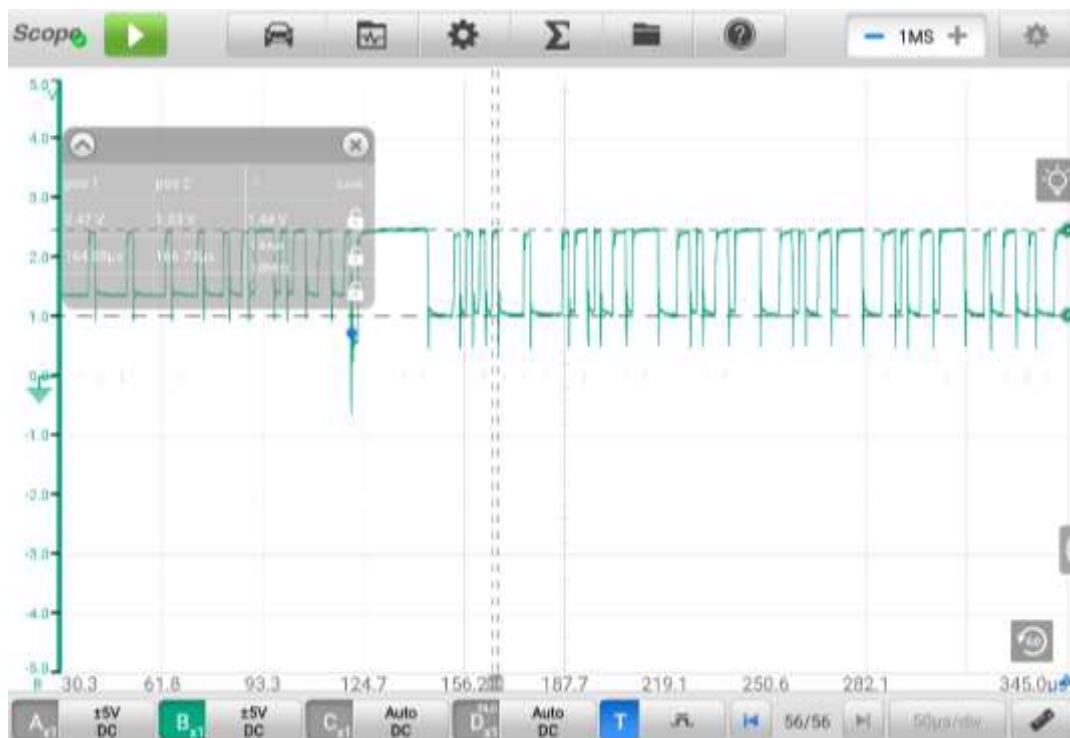
**Tabla 4-4:** Decodificación de la trama Can High Toyota Yaris 2009

Nombre del Campo	Sistema Binario	Sistema Hexadecimal	Longitud (bits)
SOF	0	0	1
ID	10001000000	440	11
RTR	0	0	1
IDE	0	0	1
DLC	1000	8	64
CRC	010001100101	465	15
Delimitador CRC	1	1	1
ACK	0	0	1
Delimitador ACK	1	1	1
EOF	1111111	7F	7

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

Decodificación total de la trama en código binario: 0100010000000010000100011001011011111111, durante esta trama se transmiten 8913955 datos.

#### 4.1.3.5 Análisis del CAN BUS LOW del automóvil Toyota modelo PRIUS HIBRIDO 2010



**Ilustración 4-16:** Comportamiento de onda CAN LOW Toyota modelo Prius 2010

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

Después de examinar el diagrama eléctrico del vehículo, manual de taller y topología del automotor determinamos la forma de onda según la (Ilustración 4-16) tomada desde el pin 14 el cual de acuerdo con la SAE es CAN LOW, mediante el oscilograma identificamos los valores referenciales de acuerdo con la (tabla 4-5).

**Tabla 4-5:** Voltajes referenciales de la red CAN LOW Toyota Prius 2010

CAN LOW		
Descripción	Voltajes referenciales (V)	Estado de Bit
Inicio	2.5	Recesivo
Caída	1.0	Dominante
Diferencial	1.4	-

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

Estos voltajes determinados mediante el oscilograma permiten identificar la operación normal de funcionamiento de la red CAN LOW para lo cual de acuerdo con la (Ilustración 4-16) su onda es de tipo digital, identificamos que con el vehículo en KOEO el delta del voltaje para este tipo de red Can es de 1.44 V y su forma de onda actúa en 2.5 V que es el bit recesivo.

#### 4.1.3.6 Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama

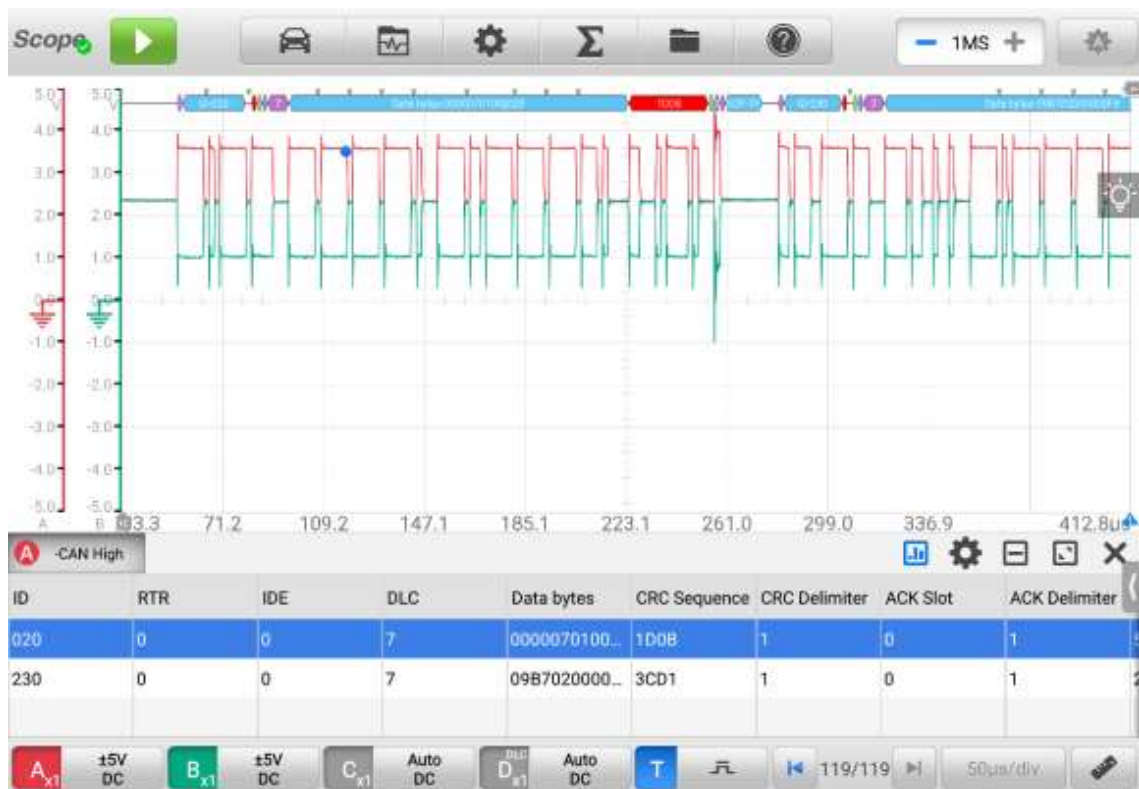
El tiempo de bit que es 1,84  $\mu$ s.

$$V_t = \frac{1 \text{ bit}}{1,86 \mu\text{s}} * \frac{1 \mu\text{s}}{1 * 10^{-6}\text{s}} = 543478 \text{ bits/s}$$

La velocidad de transmisión de datos para la red Can Low del Toyota modelo Prius año 2010 es 543,5 kbps lo cual nos permite deducir que el vehículo trabaja con una red Can de alta velocidad en los módulos principales.

#### Decodificación de la trama

- Velocidad de transmisión de datos: 500 kbps
- Nombre del protocolo de comunicación: Can Low
- Voltaje referencial de la red: 2 Voltios



**Ilustración 4-17:** Decodificación de la trama Toyota modelo Prius 2010

Realizado por: Barrera E., Tiuquina L., 2023.

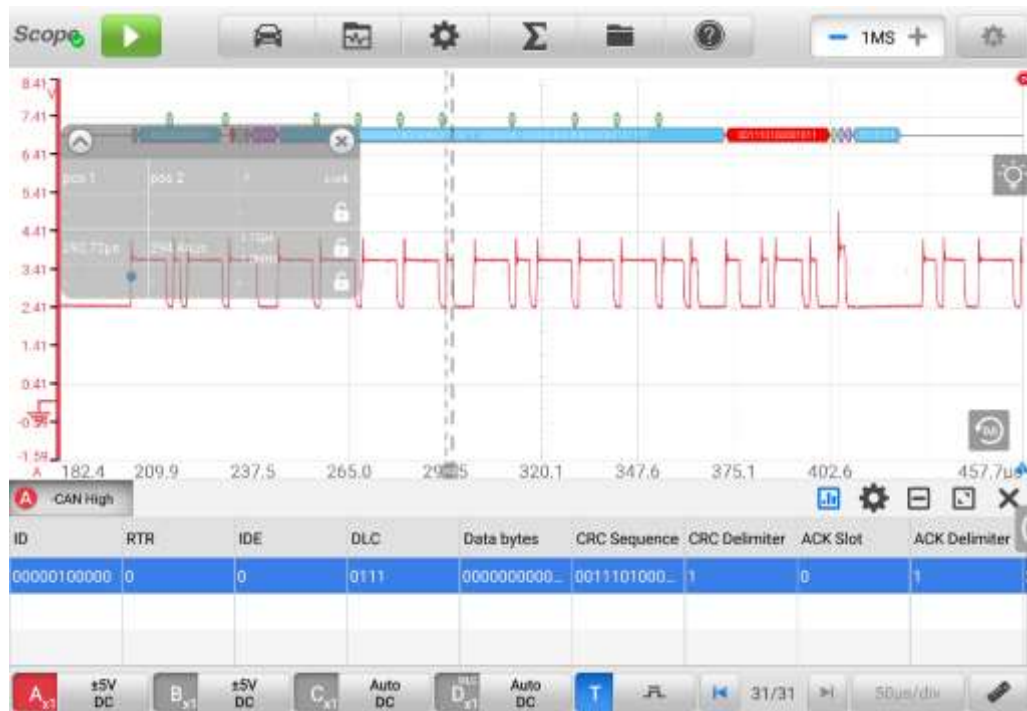
**Tabla 4-6:** Decodificación de la trama Can Low Toyota Prius 2010

Nombre del Campo	Sistema Binario	Sistema Hexadecimal	Longitud (bits)
SOF	0	0	1
ID	100000	020	11
RTR	0	0	1
IDE	0	0	1
DLC	111	7	64
CRC	1110100001011	1D0B	15
Delimitador CRC	1	1	1
ACK	0	0	1
Delimitador ACK	0	0	1
EOF	1011111	5F	7

Realizado por: Barrera E., Tiuquina L., 2023.

Decodificación total de la trama en código binario: 01000000011111101000010111001011111, durante esta trama se transmiten 8453387 datos.

#### 4.1.3.7 Análisis del CAN HIGH BUS del automóvil Toyota modelo PRIUS HIBRIDO 2010



**Ilustración 4-18:** Comportamiento de onda CAN HIGH Toyota modelo Prius 2010

Realizado por: Barrera E., Tiuquina L., 2023.

Con el análisis del diagrama eléctrico del vehículo, manual de taller y topología del automotor Toyota Prius 2010 determinamos la forma de onda según la (Ilustración 4-18) tomada desde el pin 6 el cual de acuerdo con la SAE es CAN HIGH, mediante el oscilograma identificamos los valores referenciales de acuerdo con la (tabla 4-7).

**Tabla 4-7:** Voltajes referenciales de la red CAN HIGH Toyota Prius 2010

CAN HIGH		
Descripción	Voltajes referenciales (V)	Estado de Bit
Inicio	2.5	Recesivo
Elevación	3.7	Dominante
Diferencial	1.3	-

Realizado por: Barrera E., Tiuquina L., 2023.

Estos voltajes obtenidos mediante el osciloscopio permiten identificar la operación normal de funcionamiento de la red CAN HIGH para lo cual de acuerdo con la (Ilustración 4-18) su onda es de tipo digital, identificamos que con el vehículo en KOEO el delta del voltaje para este tipo de red Can es de 1.33 V y su forma de onda actúa en 2.5 V además la calidad de la señal depende de la longitud de la línea del bus.

#### 4.1.3.8 Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama

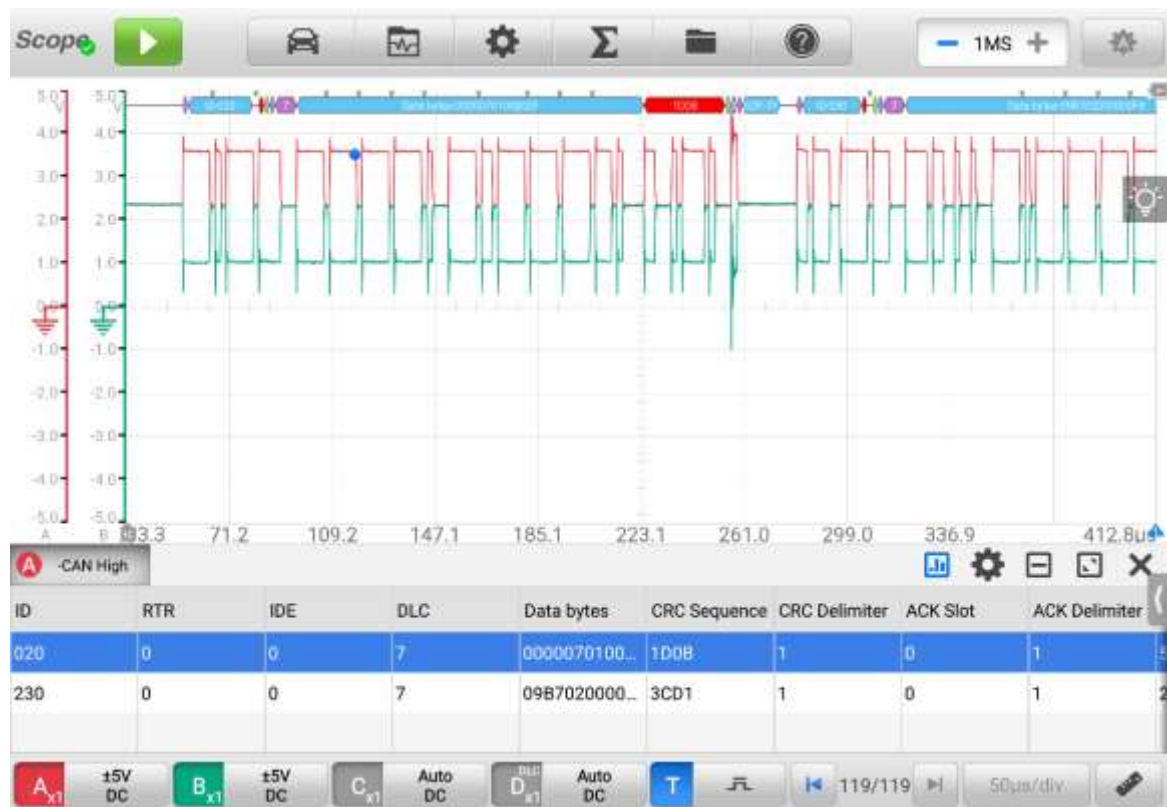
El tiempo de bit que es 1.86  $\mu$ s.

$$V_t = \frac{1 \text{ bit}}{1,86 \mu\text{s}} * \frac{1 \mu\text{s}}{1 * 10^{-6}\text{s}} = 543478 \text{ bits/s}$$

La velocidad de transmisión de datos para la red Can High del Toyota modelo Prius año 2010 es 543.4 kbps.

#### Decodificación de la trama

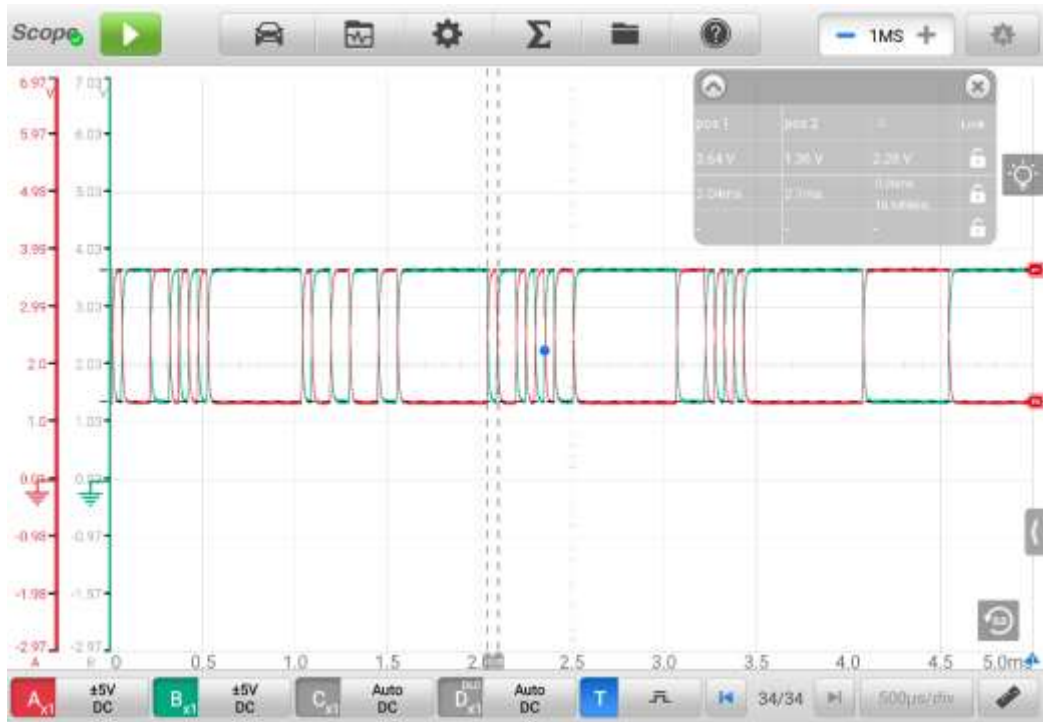
- Velocidad de transmisión de datos: 500 kbps
- Nombre del protocolo de comunicación: Can Low
- Voltaje referencial de la red: 2 Voltios



**Ilustración 4-19:** Decodificación de la trama Toyota modelo Prius 2010

Realizado por: Barrera E., Tiuquina L., 2023.





**Ilustración 4-20:** Comportamiento de la red Can Confort Toyota modelo Prius 2010

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

Mediante la revisión diagrama eléctrico del vehículo, manual de taller y topología del automotor Toyota Prius 2010 determinamos la forma de onda según la (Ilustración 4-20) tomada desde el módulo de la BMS del vehículo los pines 30 y 31 de color azul y verde respectivamente, mediante el oscilograma identificamos los valores referenciales de acuerdo con la (tabla 4-9 & 4-10).

**Tabla 4-9:** Voltajes referenciales de la red CAN HIGH CONFORT Toyota Prius 2010

CAN HIGH CONFORT		
Descripción	Voltajes referenciales (V)	Estado de Bit
Inicio	4	Recesivo
Elevación	1	Dominante
Diferencial	3	-

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

**Tabla 4-10:** Voltajes referenciales de la red CAN LOW CONFORT Toyota Prius 2010

CAN HIGH CONFORT		
Descripción	Voltajes referenciales (V)	Estado de Bit
Inicio	1	Recesivo
Elevación	4	Dominante
Diferencial	3	-

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

Estos voltajes obtenidos mediante el osciloscopio permiten identificar la operación normal de funcionamiento de la red CAN CONFORT para lo cual de acuerdo con la (Ilustración 4-20) su onda es de tipo digital, identificamos que con el vehículo en KOEO el delta del voltaje para este tipo de red Can es de 2,5 V aproximadamente.

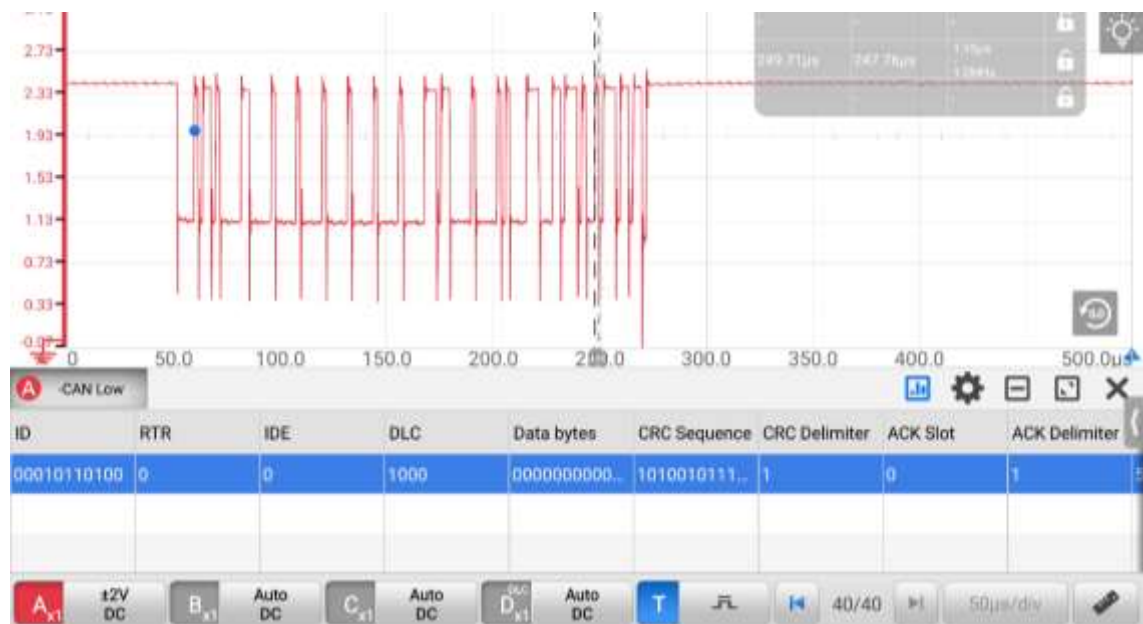
#### 4.1.3.10 Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama

El tiempo de bit que es 0.009 ms.

$$V_t = \frac{1 \text{ bit}}{0,009 \text{ ms}} * \frac{1 \text{ ms}}{1 * 10^{-3} \text{ s}} = 111111 \text{ bits/s}$$

La velocidad de transmisión de datos para la red Can Confort del Toyota modelo Prius año 2010 es 111.1 kbps.

#### 4.1.3.11 Análisis del CAN BUS LOW del automóvil Toyota modelo Yaris 2020



**Ilustración 4-21:** Comportamiento de onda CAN LOW Toyota modelo Yaris 2020

**Realizado por:** Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

Mediante el análisis del diagrama eléctrico del vehículo, manual de taller y topología del automotor Toyota modelo Yaris del año 2020 determinamos la forma de onda según la (Ilustración 4-21) tomada desde el pin 14 el cual de acuerdo con la SAE es CAN LOW, mediante el oscilograma identificamos los valores referenciales de acuerdo con la (tabla 4-11).



**Tabla 4-11:** Voltajes referenciales de la red CAN LOW Toyota Yaris 2020

CAN LOW		
Descripción	Voltajes referenciales (V)	Estado de Bit
Inicio	2,45	Recesivo
Caída	1,2	Dominante
Diferencial	1.25	-

**Realizado por:** Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

Los voltajes obtenidos mediante el oscilograma permiten identificar la operación normal de funcionamiento de la red CAN LOW para lo cual de acuerdo con la (Ilustración 4-21) su onda es de tipo digital, identificamos que con el vehículo en KOEO el delta del voltaje para este tipo de red Can es de 1.16 V y su forma de onda actúa en 2.2 V.

#### 4.1.3.12 Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama

El tiempo de bit que es 2.14  $\mu$ s.

$$V_t = \frac{1 \text{ bit}}{2,14 \mu\text{s}} * \frac{1 \mu\text{s}}{1 * 10^{-6}\text{s}} = 467289 \text{ bits/s}$$

La velocidad de transmisión de datos para la red Can Low del Toyota modelo Yaris año 2020 es 467.3 kbps.

#### **Decodificación de la trama**

Los protocolos de comunicación constan de un lenguaje de comunicación entre los módulos del vehículo, para poder obtener la información del mensaje debemos decodificar la trama de datos por sus partes y contenido del mensaje en código binario.



**Ilustración 4-22:** Decodificación de la trama Toyota modelo Yaris 2020

Realizado por: Barrera E., Tiuquina L., 2023.

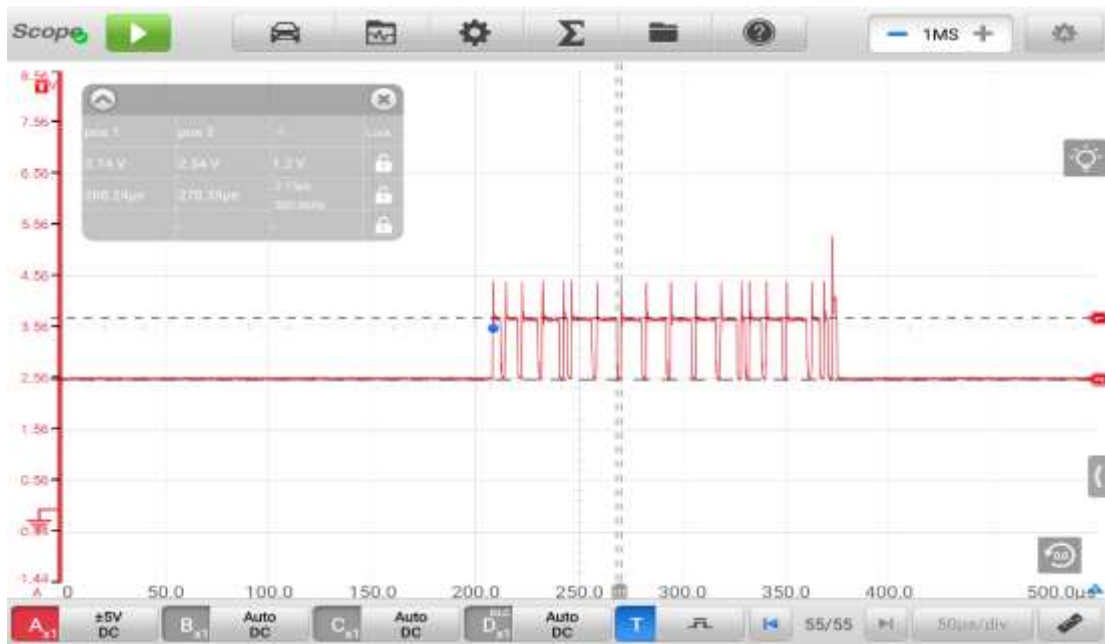
**Tabla 4-12:** Decodificación de la trama Can Low Toyota Yaris 2020

Nombre del Campo	Sistema Binario	Sistema Hexadecimal	Longitud (bits)
SOF	0	0	1
ID	00010110100	B4	11
RTR	0	0	1
IDE	0	0	1
DLC	1000	8	64
CRC	1010010110100	14B4	15
Delimitador CRC	1	1	1
ACK	0	0	1
Delimitador ACK	1	0	1
EOF	1011111	5F	7

Realizado por: Barrera E., Tiuquina L., 2023.

Decodificación total de la trama en código binario: 00001011010000100010100101101001011011111, durante esta trama se transmiten 1475666 datos.

#### 4.1.3.13 Análisis del CAN HIGH BUS del automóvil Toyota modelo Yaris 2020



**Ilustración 4-23:** Comportamiento de onda CAN HIGH Toyota modelo Yaris 2020

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

Con base en el diagrama eléctrico del vehículo, manual de taller y topología del automotor determinamos la forma de onda según la (Ilustración 4-23) tomada desde el pin 6 el cual de acuerdo con la SAE es CAN HIGH, mediante el oscilograma identificamos los valores referenciales de acuerdo con la (tabla 4-13).

**Tabla 4-13:** Voltajes referenciales de la red CAN HIGH Toyota Yaris 2020

CAN HIGH		
Descripción	Voltajes referenciales (V)	Estado de Bit
Inicio	2.5	Recesivo
Elevación	3.7	Dominante
Diferencial	1.2	-

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

Estos voltajes determinados mediante el oscilograma obtenido por los investigadores permiten identificar la operación normal de funcionamiento de la red CAN HIGH para lo cual de acuerdo con la (Ilustración 4-23) su onda es de tipo digital, identificamos que con el vehículo en KOEO el delta del voltaje para este tipo de CAN LOW es de 1.22 V y su forma de onda actúa en 2.5 V además la calidad de la señal depende de la longitud de la línea del bus, configuración del osciloscopio, entre otros factores electromagnéticos.

#### 4.1.3.14 Velocidad de transmisión de datos y decodificación de la trama

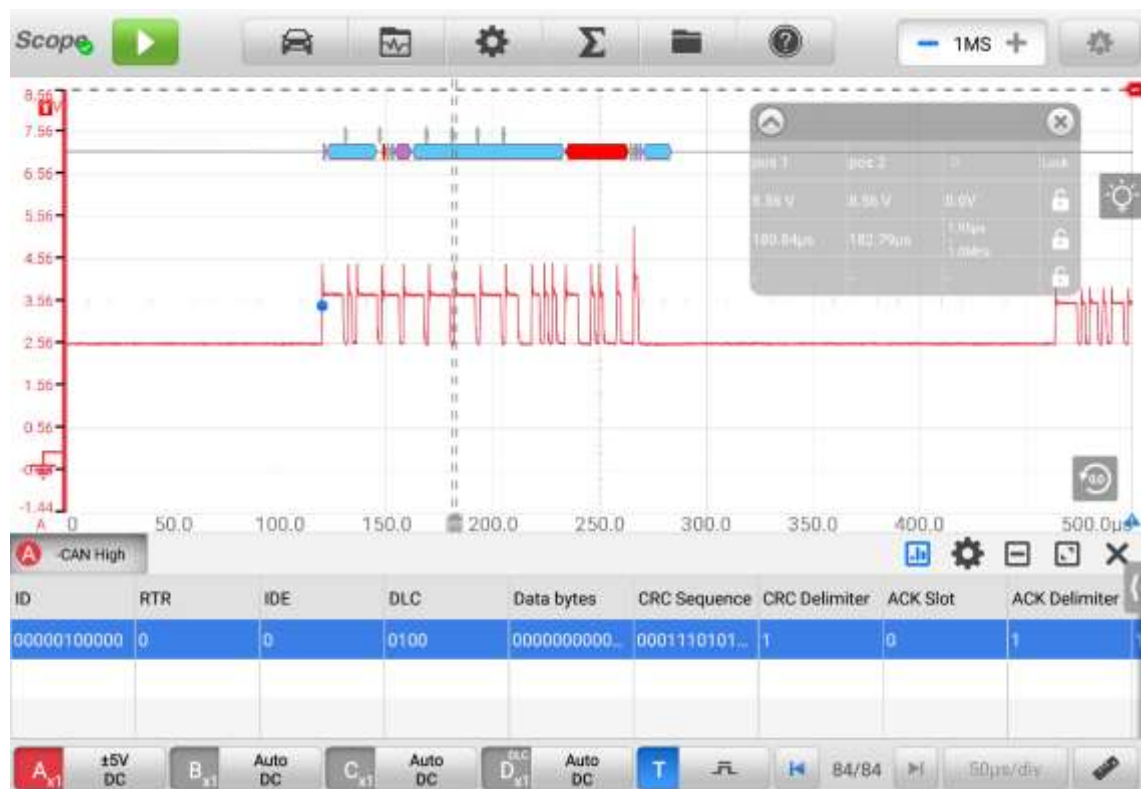
El tiempo de bit que es 2.14  $\mu\text{s}$ .

$$V_t = \frac{1 \text{ bit}}{2,14 \mu\text{s}} * \frac{1 \mu\text{s}}{1 * 10^{-6}\text{s}} = 467289 \text{ bits/s}$$

La velocidad de transmisión de datos para la red Can High del Toyota modelo Yaris año 2020 es 467.2 kbps.

#### Decodificación de la trama

Los protocolos de comunicación constan de un lenguaje de comunicación entre los módulos del vehículo, para poder obtener la información del mensaje debemos decodificar la trama de datos por sus partes y contenido del mensaje en código binario.



**Ilustración 4-24:** Decodificación de la trama Toyota modelo Yaris 2020

Realizado por: Barrera E., Tiuquina L., 2023.

**Tabla 4-14:** Decodificación de la trama Can High Toyota Yaris 2020

Nombre del Campo	Sistema Binario	Sistema Hexadecimal	Longitud (bits)
SOF	0	0	1
ID	00000100000	20	11
RTR	0	0	1
IDE	0	0	1
DLC	100	4	64
CRC	0001110101100	3AC	15
Delimitador CRC	1	1	1
ACK	0	0	1
Delimitador ACK	1	1	1
EOF	111011	3B	7

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.







Decodificación total de la trama en código binario: 000000100000001000001110101100101111011, durante esta trama se transmiten 263197 datos.

#### ***4.1.4 Medición de las resistencias de la red***

Para poder medir la resistencia correspondiente a la red Can de los vehículos se procede a utilizar un multímetro en la opción ohmios y colocar las puntas en los pines 6 y 14 del puerto DCL que pertenecen al Can H y Can L de cada uno de los vehículos utilizados en la investigación como se aprecia en la (Tabla 4-15).

De esta manera podemos determinar que los canales de comunicación de la red Can se encuentran en correcto funcionamiento mediante el valor de 60 ohm entre los canales como lo propone el fabricante Toyota.

**Tabla 4-15:** Resistencias entre la red Can H y Can L en los vehículos

Resistencia de la Red		
Modelo Yaris 2009	Modelo Prius 2010	Modelo Yaris 2020
		
		

Realizado por: Barrera E., Tiuquinga L., 2023.

La resistencia entre los canales Can H y Can L en los tres vehículos se encuentra dentro del rango permitido por la marca, así podemos corroborar que la resistencia de la red de cada uno de los vehículos se encuentra en perfecto estado y funcionamiento. Así podemos descartar todo tipo de anomalía en el cableado o módulos que integra la red multiplexada de los vehículos, de otra forma si existiera algún problema la resistencia entre las redes aumentaría o disminuiría su valor de resistencia.

#### 4.2 Discusión

Una de las piezas fundamentales para la investigación de redes multiplexadas se detalló mediante el uso de los 3 esquemas eléctricos de la marca Toyota en el cual se constató que utilizan sistemas multiplexados similares a pesar de la línea de fabricación y tiempo, los cuales permiten a los vehículos tener una eficiencia en el bus de comunicación entre los diferentes módulos electrónicos para lo cual se evidencia que su conexión es de tipo bus para cada uno de los automóviles cabe destacar que a cada uno de estos varían el número de módulos electrónicos en función de su tecnología y requerimiento ya que el vehículo Yaris del 2009 tiene menos módulos de control, el vehículo Prius Híbrido contiene varias computadoras debido a su requerimiento eléctrico y polifuncionalidad que cumple, a diferencia del Yaris 2020 que su tecnología engloba varios

módulos adicionales que en su antecesor, lo cual la marca Toyota ha mejorado sus sistemas de control en busca de potenciar su confort y seguridad activa y pasiva para los usuarios.

La arquitectura de las redes y módulos de control preestablecidas por el fabricante en sus tres modelos de diferente línea de fabricación evolucionan de acuerdo con las prestaciones que cada uno disponga de tal manera que logra establecer la comunicación en toda su red siendo capaz de identificar los diferentes sensores, actuadores y demás componentes los cuales transmiten la información de los diferentes módulos de control en base al protocolo de comunicación CAN. Los módulos electrónicos comunes en los 3 vehículos de la marca Toyota son: módulo de control de motor (ECM), módulo del sistema de frenos (ABS), módulo de control de chasis (BCM), módulo del panel de instrumentos (COMM) en el cual se evidencia que estos componentes electrónicos trabajan con un CAN de alta velocidad.

Los equipos de diagnóstico mencionados anteriormente son base fundamental en el proceso de comunicación entre módulos del vehículo, identificación de datos, oscilogramas, decodificación de trama de datos lo cual permitió el desarrollo de ingeniería inversa en el presente trabajo de investigación, cabe detallar que la identificación de estos se fundamenta en sus características, versión, funciones especiales, marca y modelo el cual estableció una particularidad de entre todos los equipos y se notó la importancia de un equipo de gama alta por lo ventajoso que es en la industria automotriz el cual proporciona un diagnóstico rápido y preciso de los componentes electrónicos del vehículo además de estar dotados de muchas funciones avanzadas que ayudan al diagnóstico automotriz.

La velocidad de transmisión de transmisión obtenida en los 3 vehículos del puerto DLC difiere considerablemente debido a muchos factores como el año de fabricación ya que los vehículos actuales están equipados con la tecnología más avanzada con relación a sus predecesores. El módulo de control electrónico de la batería del Toyota Prius tiene una tasa de transmisión de 16 kbps debido a trabaja con una red de comunicación de baja velocidad (Can Confort) lo cual se observa en la (Ilustración 4-20). La decodificación de la trama de datos se divide en varios campos así lo detallan las tablas correspondientes del capítulo 4, esta interpretación de datos obtenidos mediante la ingeniería inversa encamina a la toma de decisiones en un tiempo particular, los datos tomados están completamente enlazadas entre si lo cual gestiona de una manera sincronizada todos los componentes electrónicos con el fin de evitar fallos los cuales afecten al usuario y este pueda disfrutar del confort de conducir su vehículo.

Los protocolos determinados en los vehículos mencionados se detalla que es un CAN BUS para los 3 casos particulares lo cual detalla en las figuras obtenidas en el capítulo 4, cabe mencionar

que la marca Toyota trabaja con su propia interfaz de diagnóstico denominada SAE J2534 acompañada del software Toyota Techstream solo para PC, esta interfaz es propia del fabricante y ofrece la funcionalidad completa de escaneo y programación, de acuerdo a otros estudios revisados la marca AUDI maneja su interfaz denominada VCDS (VAG-COM DIAGNOSTIC SYSTEM) además al igual que Toyota este maneja el protocolo CAN BUS, cada una de estas marcas reconocidas a nivel mundial buscan proteger su información además de reducir costes de producción lo cual el protocolo CAN BUS encaja en la descripción de lo mencionado, pese a existir protocolos variados en el medio.

#### **4.3 Comprobación de la hipótesis**

La aplicación de ingeniería inversa es una de las técnicas más utilizadas dentro de la industria automotriz del país en la actualidad, en contexto de nuestro trabajo de investigación nos permitió analizar a detalle el complejo sistema multiplexado de cada uno de los vehículos y poder obtener la configuración de comunicación de los módulos entre sí, con la ayuda de los equipos de diagnóstico automotriz de alta gama logramos analizar las redes de comunicación de los vehículos de la marca Toyota a detalle como las señales generadas para poder transmitir la información conocida como trama de datos, su decodificación y velocidad de transmisión de la información.



## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- El análisis de información proveniente de estudios y artículos científicos detalla la importante intervención de los sistemas multiplexados de los automóviles, lo cual evidencia su innovación tecnológica significativa conlleva a mejorar la funcionalidad y eficiencia de los sistemas electrónicos en el parque automotor, una integración más efectiva y una comunicación instantánea entre los diversos módulos existentes dentro del vehículo, lo cual enriquece la experiencia de conducción, aumenta los niveles de confort y la seguridad para los ocupantes.
- Se identificó que la topología compartida entre los 3 autos es de tipo BUS mediante un análisis minucioso y exhaustivo de los diagramas eléctricos además de los manuales de taller ha demostrado ser una de las herramientas invaluable lo cual nos permitió obtener una comprensión profunda de la estructura, funcionamiento y ubicación de los componentes involucrados en cada uno de los vehículos. Los tres vehículos utilizados en la investigación trabajan bajo una red Can de alta velocidad que gestión la mayor parte de los módulos electrónicos del vehículo, una red Can de baja velocidad para las funciones de confort del vehículo, en el caso del Toyota Prius año 2010 también se usa esta red para comunicar algunas funciones del sistema híbrido como la BMS y una red LIN para funciones que requieren baja velocidad de transmisión de datos como elevavidrios eléctricos, apertura de puertas, entre otras.
- La velocidad de transmisión de datos obtenida en los vehículos es de un aproximado de 500 kbps tomado de la red CAN de los tres vehículos seleccionados, además para el vehículo Toyota Prius se encontró una velocidad de transmisión de 25 kbps en la BMS del sistema híbrido, mediante el cálculo de la velocidad de transmisión de datos podemos determinar qué tipo de red multiplexada está asociada a los módulos con exactitud, esta velocidad no se la puede comparar debido a que depende de muchos factores externos como el número de módulos asociados a la red, calidad de la señal, carga de tráfico de datos, la longitud del cable, estado del cableado interno del vehículo y materiales utilizados.

- La decodificación de la trama de datos en los vehículos se observó que las ondas y datos analizados estos muestran de acuerdo a la norma ISO 1531 que es una red CAN bus estándar, este proceso es importante que nos ayuda a interpretar y comprender los mensajes que se transmiten entre los diferentes módulos asociados a la red del vehículo y así poder detectar posibles averías procedentes del hardware o software del vehículo.
- La actual investigación se enfoca directamente en el análisis y comportamiento de las redes multiplexadas y los protocolos de comunicación de los vehículos de la marca Toyota modelo Yaris 2009, Prius 2010, Yaris2020, utilizando un escáner automotriz, un multímetro, un osciloscopio, diagramas del mencionado vehículo y una caja de desconexión.
- La identificación de los equipos de diagnóstico automotriz los cuales se usaron en el estudio fueron equipos multimarca de gama alta debido a sus múltiples funciones que nos permiten obtener la mayor información posible de una forma efectiva, el equipo seleccionado fue el escáner es de la marca AUTEL MaxiSys Ultra que cuenta con un procesador Octa-Core con una memoria incorporada de 256 GB el cual cuenta con su interfaz denominada VCI para diagnóstico e interfaz de reprogramación mediante el J2539, estos equipos de diagnóstico automotriz de alta gama son una herramienta primordial para el diagnóstico, mantenimiento y reparación de vehículos, más aún en el caso de análisis de redes multiplexadas, nos ayudan a realizar análisis profundos de este tipo de sistemas multiplexados, el equipo de diagnóstico seleccionado nos proporciona la decodificación de la red, velocidad de transmisión de los datos, topología usada en el vehículo, entre otras funciones que ya vienen integradas dentro del mismo equipo de diagnóstico automotriz de alta gama.
- Uno de los métodos más rápidos para comprobar alguna avería de las redes Can, es medir su resistencia tanto de la red Can High y Can Low con la ayuda de un multímetro automotriz teniendo en cuenta que la batería del vehículo debe estar desconectada y que el valor nominal de resistencia brindado por el fabricante, en el caso de la marca Toyota la resistencia es 60 Ohms y se lo puede valorar mediante el puerto DLC3 y una caja de desconexión, los tres vehículos se encuentran dentro del rango permitido por el fabricante.
- En este estudio, se comparó los protocolos de comunicación obtenidos de los tres vehículos mencionados y la velocidad de datos a la que trabajan cada uno de los módulos electrónicos. Los resultados nos indican que, pese a ser estos vehículos de diferente línea de fabricación la marca Toyota todos trabajan con el protocolo Can Bus el cual controla

la mayoría de ECUs de cada vehículo, debido a la eficacia y bajo costo que están sujetos en la industria automotriz es así que la comunicación establecida se da a través del puerto DLC 3 la cual permitió acceder a la información de todas las computadoras que trabajan en los automóviles.

## 5.2 Recomendaciones

- Durante la revisión bibliográfica de cada uno de los manuales eléctricos es necesario contar con el conocimiento básico en electricidad automotriz debido a las conexiones y componentes que están inmersos en cada uno de ellos y la mala manipulación generaría daños irreversibles en el sistema de comunicación.
- Es necesario contar con el manual de servicio, taller y diagrama eléctrico específico de cada marca y modelo de vehículo, debido a la arquitectura que los automóviles emplean serán diferentes pese a tener el mismo fabricante y manejar un protocolo de comunicación común.
- Para análisis y comprobaciones de este tipo de redes es recomendable revisar el diagrama eléctrico y manual de reparación del vehículo para poder obtener datos objetivos e información importante para el diagnóstico.
- El cálculo de la velocidad de transmisión de datos fundamenta la parte teoría la cual permite identificar la clase en la cual se ubica cada una de las redes.
- Para el acceso a la red del sistema multiplexado se lo realiza a través del puerco DLC3 de cada vehículo y los pines número 6 para la señal Can High y pin 14 para la señal de la red Can Low.
- Para la obtención de datos se debe realizar mediante equipos de diagnóstico adecuados y en buenas condiciones con la finalidad de obtener datos reales los cuales son obtenidos de escáner multimarca de gama alta.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ALSINA CAMBLOR, Roberto Manuel & LOPRESTI PEÑAFIEL, Gian Franco.** Análisis de un sistema multiplexado de un vehículo Peugeot 308 T9. [En línea]. (Trabajo de Titulación). Universidad Técnica Federico Santa María, Mecánica Automotriz. Valparaíso-Chile. 2017. págs. 17-20. [Consulta: 10 mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/43890/3560901064087UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. **AEADE.** *Anuario Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador.* [En línea]. Quito. 2023 [Consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.aeade.net/anuario/>
3. **AUTEL,** *Autel Maxisys Ultra. Software de Diagnostico* [En línea]. Argentina. 2019 [Consulta: 10 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.autel.com/es/mk3/3771.jhtml>
4. **BALSECA CHÁVEZ, Edwin Fernando y DONOSO OROZCO, David Sebastián.** Construcción de un prototipo de control inteligente de accesorios mediante un sistema multiplexado de un vehículo Citroën C3. [En línea]. (Trabajo de Titulación). Escuela Politécnica del Ejército, Carrera de Ingeniería Automotriz. Latacunga- Ecuador. 2010. [Consulta: 10 mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2873/1/T-ESPEL-0706.pdf>
5. **CANO MARTÍNEZ, Alberto.** *Mantenimiento de Redes multiplexadas* [En línea]. Málaga-España: Editorial IC, 2014. [Consulta: 10 mayo 2023]. ISSN 9788416109548. Disponible en: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=W1UpEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=Mantenimiento+de+Redes+multiplexadas+cano&ots=J-fsPG0pLd&sig=fqzIC7DQGtaepxd2OA\\_yCqkDU18#v=onepage&q=Mantenimiento%20de%20Redes%20multiplexadas%20cano&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=W1UpEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=Mantenimiento+de+Redes+multiplexadas+cano&ots=J-fsPG0pLd&sig=fqzIC7DQGtaepxd2OA_yCqkDU18#v=onepage&q=Mantenimiento%20de%20Redes%20multiplexadas%20cano&f=false)
6. **CEDEÑO DELGADO, Silvia Monserrate.** “Revisión sistemática de Comunicaciones Unificadas de VoIP en redes CAN”. *Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones* [En línea], 2021, (Ecuador) vol. 5 (1), págs. 17-34. [Consulta: 10 mayo 2023]. ISSN 2550-6730. Disponible en: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Informaticaysistemas/article/view/3569>.
7. **DOMÍNGUEZ, Esteban José & FERRER, Julia.** *Circuitos Eléctricos Auxiliares del Vehículo* [En línea]. Madrid – España: Editorial Editex, 2018. [Consulta: 1 mayo 2023]. ISBN: 8491614176. Disponible en: <https://dspace.itsjapon.edu.ec/jspui/handle/123456789/2413>
8. **DONADO CANTILLO, Armando.** *Identificación de Redes Multiplexadas CAN en un Automóvil* [En línea]. Bogotá: 2021. [Consulta: 22 agosto 2023]. Disponible en: <https://autosoporte.com/identificacion-de-redes-multiplexadas-can-en-un-automovil/>.

9. **ELECTRONICS.** *LIN Bus Explained - A Simple Intro.* [En línea]. Dinamarca: 2020. [Consulta: 22 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.csselectronics.com/pages/lin-bus-protocol-intro-basics>
10. **FIGUEROA PEÑAFIEL, Henry Javier.** Estudio y análisis del sistema multiplexado del vehículo híbrido Toyota Prius. [En línea]. (Trabajo de Titulación). Universidad Internacional del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz. Guayaquil- Ecuador. 2015. [Consulta: 10 mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/840/1/T-UIDE-16.pdf>
11. **GARCÍA GUZMÁN, José Miguel; et al.** “Análisis de la capacidad de cortocircuito de sistemas de potencia considerando cambios en la topología de la red”. *Centro de investigaciones en óptica, A. C.* [En línea] 2022, México, págs. 136-141. [Consulta: 10 mayo 2023]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/359471541\\_ANALISIS\\_DE\\_LA\\_CAPACIDAD\\_DE\\_CORTOCIRCUITO\\_DE\\_SISTEMAS\\_DE\\_POTENCIA\\_CONSIDERANDO\\_CAMBIOS\\_EN\\_LA\\_TOPOLOGIA\\_DE\\_LA\\_RED](https://www.researchgate.net/publication/359471541_ANALISIS_DE_LA_CAPACIDAD_DE_CORTOCIRCUITO_DE_SISTEMAS_DE_POTENCIA_CONSIDERANDO_CAMBIOS_EN_LA_TOPOLOGIA_DE_LA_RED)
12. **HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; et al.** *Metodología de la Investigación.* [En línea]. 5ª Ed. Ciudad de México- México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. 2014. [Consulta: 10 mayo 2023]. ISBN: 978-607-15-0291-9. Disponible en: <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>
13. **JAMI CHAVEZ, David Santiago.** Estudio y análisis de operación y comportamiento de las señales multiplexadas del automóvil según la tecnología actual. [En línea]. (Trabajo de Titulación). Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Automotriz. Quito- Ecuador. 2015. [Consulta: 10 mayo 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/497413864/64381-1>
14. **JARRIN CHARRO, Edwin Mauricio.** Influencia del CHIP NITRO OBD2 en el torque y potencia de un vehículo Chevrolet D-MAX 3.0 año 2009. [En línea]. (Trabajo de Titulación). Universidad Internacional SEK, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Ingeniería Mecánica Automotriz. Quito- Ecuador. 2009. [Consulta: 10 mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4829/1/Jarrin%20Charro%20Edwin%20Mauricio.pdf>
15. **LÓPEZ DIGUAY, Jenny Alexandra.** Estudio y análisis del sistema multiplexado de un vehículo Audi Q5. [En línea]. (Trabajo de Titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera Ingeniería Automotriz. Riobamba- Ecuador. 2021. [Consulta: 10 mayo 2023]. Disponible en: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/16005/1/65T00397.pdf>

16. **MARTÍNEZ REQUENA, Adrián.** Introducción a CAN Bus: Descripción, ejemplos y aplicaciones de tiempo real. [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Maestría). Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sistemas Informáticos. Madrid- España. 2017. [Consulta: 10 mayo 2023]. Disponible en: [https://oa.upm.es/48061/10/TFM\\_ADRIAN\\_MARTINEZ\\_REQUENA.pdf](https://oa.upm.es/48061/10/TFM_ADRIAN_MARTINEZ_REQUENA.pdf)
17. **RODRÍGUEZ, Alonso.** *Introducción Rápida a Controller Area Network (CAN Bus)*. [En línea] Valparaíso: 2014 [Consulta: 20 mayo 2023]. Disponible en: <http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo329/1s18/projectsP1/reports/ContrerasFrezQuiroz/download/can-intro.pdf>
18. **SÁNCHEZ VELA, Luis Gerardo; et al.** “Revisión documental del protocolo CAN como herramienta de comunicación y aplicación en vehículos”. *Instituto Mexicano del Transporte* [En línea], 2016, (México), (474). [Consulta: 10 mayo 2023]. ISSN 0188-7297. Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt474.pdf>
19. **TAPIA, José; et al.** “Análisis de redes multiplexadas y protocolos de comunicación implementados en un vehículo Mazda CX-3 2019”. *INCITEC* [En línea], 2021, (Ecuador), Vol. 1 (2). págs. 63–71 [Consulta: 10 mayo 2023]. Disponible en: <https://publicaciones.insteclrg.edu.ec/index.php/INCITEC/article/view/103>
20. **TOYOTA SIENNA.** *Manual de Taller: Multiplex Communication System*. [En línea] Arizona: 2010. [Consulta: 20 mayo 2023]. Disponible en: [https://www.tsienna.net/system\\_description-2819.html](https://www.tsienna.net/system_description-2819.html)
21. **TOYOTA MOTOR SALES.** *Toyota Electronic Control Transmission*. [En línea] United State of America: 2023. [Consulta: 20 mayo 2023]. Disponible en: <http://www.autoshop101.com/forms/h16.pdf>



## ANEXOS

**ANEXO A:** EQUIPO UTILIZADO PARA EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN: ESCÁNER Y EL OSCILOSCOPIO (AUTEL MAXISYS ULTRA).



**ANEXO B:** CONEXIÓN A LOS PINES CORRESPONDIENTES DE LA RED CAN EN LA BMS.





**ANEXO C: CAJA DE DESCONEXIÓN AUTOMOTRIZ OTC 3415.**



**ANEXO D: CONEXIÓN A LOS PINES CORRESPONDIENTES A LA RED CAN EN LA BMS.**



**ANEXO E: SEÑALES OBTENIDAS DE RED CAN DE BAJA VELOCIDAD DE LA BMS DEL TOYOTA PRIUS 2010.**



**ANEXO F: CONEXIÓN DEL OSCILOSCOPIO Y CAJA DE DESCONEXIÓN AL PUERTO DLC3 DE TOYOTA YARIS 2009.**

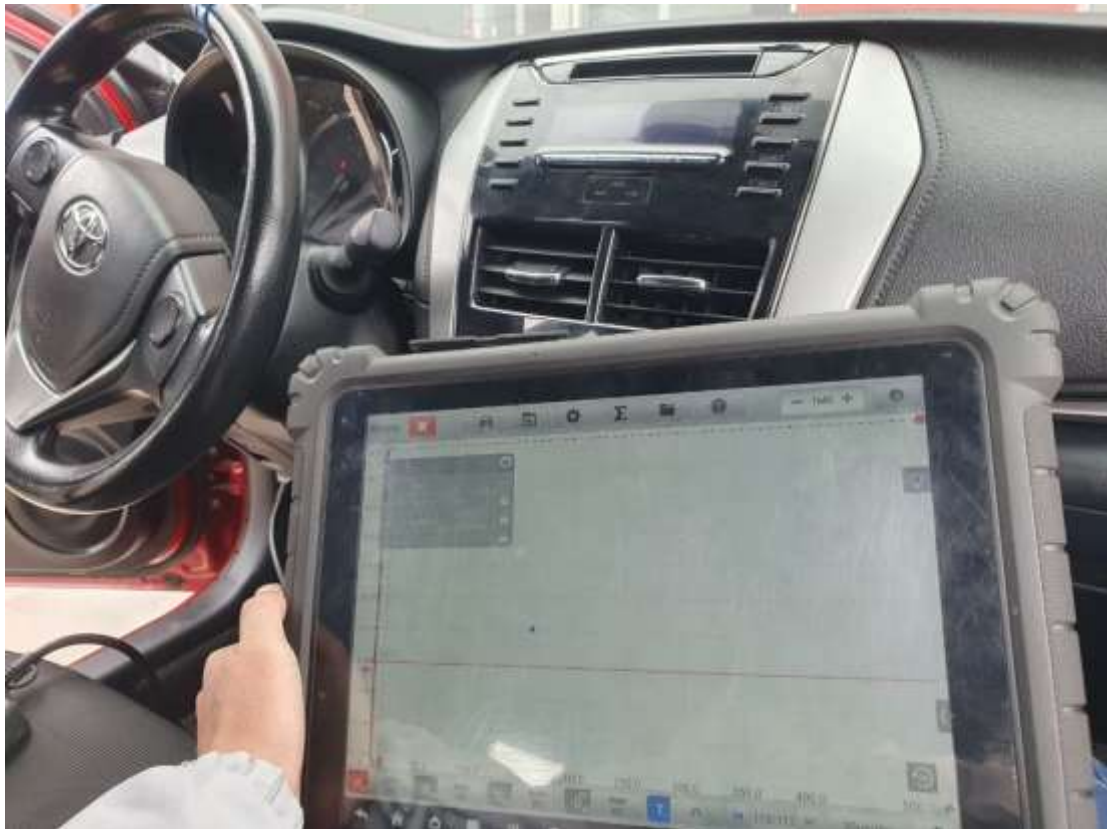




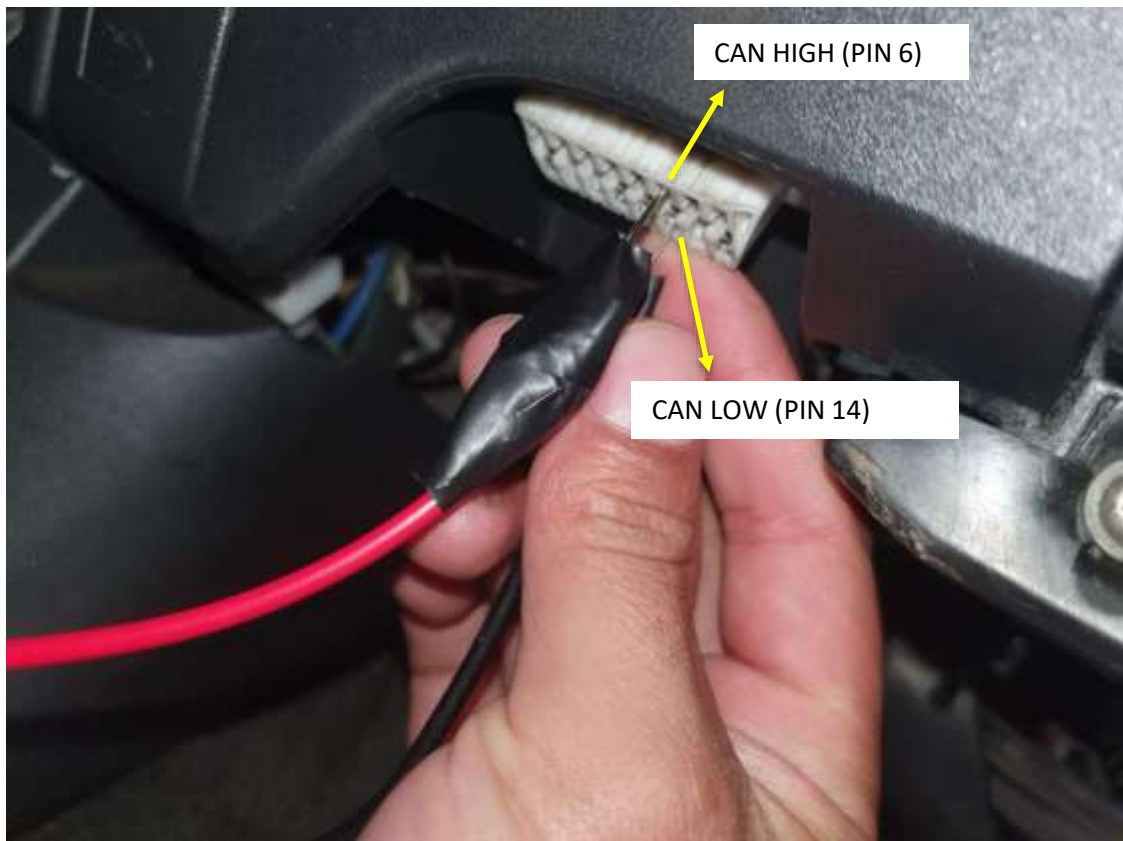
**ANEXO G: CONEXIÓN DEL OSCILOSCOPIO AL VEHÍCULO TOYOTA YARIS 2020.**



**ANEXO H: CONEXIÓN DE ESCÁNER AUTOMOTRIZ AL VEHÍCULO TOYOTA YARIS 2020.**



**ANEXO I: CONEXIÓN DEL MULTÍMETRO AUTOMOTRIZ AL PUERTO DLC3.**





**ANEXO J: MEDICIÓN DE RESISTENCIAS DEL PUERTO DLC3 ENTRE LOS PINES 6 Y 14.**





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 25/01/2024

<b>INFORMACIÓN DE LOS AUTORES</b>
ELVIS JOEL BARRERA BARRERA LUIS HERNAN TIUQUINGA SABGA
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> MECÁNICA
<b>Carrera:</b> INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
<b>Título a optar:</b> INGENIERO AUTOMOTRIZ
 <b>Ing. Ángel José Quevedo Ríos</b> <b>Director del Trabajo de Integración Curricular</b>
 <b>Ing. Fabián Celso Gunsha Maji</b> <b>Asesor del Trabajo de Integración Curricular</b>

