



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

### TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

#### TEMA:

DIAGNÓSTICO ESTEQUIOMÉTRICO CON OSCILOSCOPIO Y ANÁLISIS DEL  
SISTEMA INTEGRAL DEL MECANISMO INTERNO DEL MOTOR 2ZR-FXE

#### AUTORES:

LUIS FERNANDO GARCÍA GRIJALVA

CARLOS STEVEN VIVEROS GUAITARILLA

**Director:** Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos MSc.

IBARRA, DICIEMBRE 2023

## CERTIFICADO

### ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

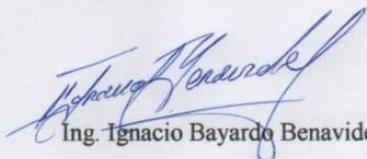
En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

### CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es **“DIAGNÓSTICO ESTEQUIOMÉTRICO CON OSCILOSCOPIO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA INTEGRAL DEL MECANISMO INTERNO DEL MOTOR 2ZR-FXE”** presentado por los señores: García Grijalva Luis Fernando con número de cédula 1003683438 y Viveros Guaitarilla Carlos Steven con número de cédula 1003958012 doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 20 días del mes de diciembre del 2023

Atentamente:



Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003683438		
APELLIDOS Y NOMBRES:	García Grijalva Luis Fernando		
DIRECCIÓN:	Tobías Mena 3-60 y Av Atahualpa		
EMAIL:	lfgarciag@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2600740	TELÉFONO MÓVIL:	0959558483

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003958012		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Viveros Guaitarilla Carlos Steven		
DIRECCIÓN:	Calixto Miranda y Teodoro Gómez		
EMAIL:	csviverosg@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2640206	TELÉFONO MÓVIL:	0985448066

DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	DIAGNÓSTICO ESTEQUIOMÉTRICO CON OSCILOSCOPIO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA INTEGRAL DEL MECANISMO INTERNO DEL MOTOR 2ZR-FXE.		
AUTOR (ES):	García Grijalva Luis Fernando, Viveros Guaitarilla Carlos Steven		
FECHA: DD/MM/AAAA	20/12/2023		
PROGRAMA:	PREGRADO	<input checked="" type="checkbox"/>	POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO AUTOMOTRIZ		
DIRECTOR:	Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos MSc		

#### 2. CONSTANCIAS

Los autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el

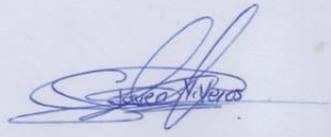
(los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 20 días del mes de diciembre de 2023

**AUTORES:**



García Grijalva Luis Fernando  
1003683438



Viveros Guaitarilla Carlos Steven  
1003958012

## DEDICATORIA

A mi madre, Lorena Grijalva, que, con su amor, apoyo constante, y sabiduría han tejido las fibras de mi ser, transformándome en una persona llena de valores y fortaleza. Cada desafío superado, cada éxito celebrado, lleva su influencia inspiradora. A pesar del agotamiento de su propio día, se encontraba a mi lado, brindándome aliento y consuelo cuando más lo necesitaba. Sus palabras de ánimo me impulsaron a superar desafíos aparentemente insuperables. Este logro es tanto suyo como mío.

A mi futuro YO, este logro no solo representa el final de una etapa, sino también el compromiso con el crecimiento continuo. A ti, que enfrentarás nuevos desafíos y triunfos, te dedico este esfuerzo. Que estas páginas sirvan como recordatorio de la perseverancia y la capacidad de superación.

A mi familia, que han sido parte esencial durante este trayecto, brindándome su amor, su apoyo y su comprensión en los momentos más difíciles.

*Luis Fernando García Grijalva*

El presente trabajo de grado es dedicado a mis padres quienes han sido la fuente inagotable de amor, sacrificio y apoyo a lo largo de este viaje académico. Sus valores, paciencia y ejemplo constante han sido la brújula que ha guiado cada paso de mi educación.

A mis profesores y mentores, quienes han impartido conocimiento, fomentado la curiosidad dejando una huella imborrable en mi formación académica.

Esta tesis no solo es un testimonio de mi esfuerzo, sino también un tributo a aquellos que han sido parte integral de mi viaje. A todos ustedes, les dedico este logro con gratitud y cariño.

*Carlos Steven Viveros Guaitarilla*

## AGRADECIMIENTO

A mi tutor, Msc Ignacio Benavides, por su orientación experta, apoyo constante y dedicación a mi crecimiento académico. Sus conocimientos y dirección han sido fundamentales para dar forma a este trabajo.

A mi asesor, Ing. Fernando Ramírez, PhD. por sus valiosas aportaciones, Su experiencia y sabiduría han enriquecido enormemente mi perspectiva y contribuido al éxito de este proyecto.

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte por proporcionarme las herramientas y los conocimientos que me han permitido abrazar desafíos intelectuales y desarrollar habilidades que trascienden el aula.

A mi familia y amigos, quienes han compartido risas, lágrimas y celebraciones a lo largo de este viaje. Vuestra presencia ha convertido los desafíos en oportunidades y ha multiplicado las alegrías. Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi corazón.

A Nicole Terán, por su comprensión, paciencia y aliento durante los momentos desafiantes. Su apoyo ha hecho esta travesía mucho más significativa. Su capacidad para ver lo mejor en mí, incluso cuando dudaba de mis propias habilidades, ha sido un regalo invaluable.

Con gratitud,  
*Luis Fernando García Grijalva*

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la realización de este trabajo de grado.

Mi reconocimiento se extiende a mis profesores y profesoras, cuyas enseñanzas han sido la base sobre la cual construí este proyecto. Aprecio profundamente su compromiso con la educación y su disposición para compartir su conocimiento.

A mi familia, les agradezco por su inquebrantable apoyo emocional y su comprensión durante los momentos desafiantes de este proceso. Su amor y aliento han sido mi motor.

A mis amigos y colegas, agradezco las discusiones enriquecedoras, las colaboraciones y el compañerismo a lo largo de esta travesía académica. Sus contribuciones han dejado una marca indeleble en este trabajo.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que, de una forma u otra, han influido en mi desarrollo académico. Este logro es el resultado de un esfuerzo colectivo y estoy agradecido por formar parte de esta comunidad académica.

Con gratitud,  
*Carlos S. Viveros*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN .....	XVI
ABSTRACT.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XVIII
CAPÍTULO I .....	19
1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	19
1.1 ANTECEDENTES.....	19
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.3 OBJETIVOS.....	21
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	21
1.5 ALCANCE .....	22
1.6 MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA .....	22
1.6.1 Antecedentes Históricos.....	22
1.6.2 Base De Funcionamiento .....	23
1.7 CARACTERÍSTICAS MOTOR 2ZR-FXE.....	25
1.8 CICLOS TERMODINÁMICOS .....	26
1.8.1 Ciclo Atkinson .....	27
1.8.2 Comparativa Entre Ciclos Termodinámicos .....	28

1.9	SISTEMAS AUXILIARES.....	29
1.9.1	Sistema De Encendido .....	29
1.9.2	Sistema De Inyección .....	31
1.9.3	Sistema De Admisión .....	33
1.9.4	Estequiometría .....	36
1.10	Ajuste De Combustible .....	37
1.10.1	Ajuste de combustible a corto plazo SFT (Short Fuel Trim).....	37
1.10.2	Ajuste de combustible a largo plazo LFT (Long Fuel Trim).....	38
1.10.3	Lazo Abierto (Open Loop).....	38
1.10.4	Lazo Cerrado (Closed Loop) .....	38
1.11	EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO .....	39
CAPÍTULO II.....		40
2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
2.1	MATERIALES.....	40
2.1.1	Osciloscopio G-Scope-2 .....	40
2.1.2	Escáner Automotriz GScan2.....	41
2.1.3	Multímetro Automotriz BOSH FIX 7677 .....	42
2.1.4	Motor 2ZR-FXE del vehículo Toyota Prius de tercera generación .....	43
2.2	METODOLOGÍA.....	45
2.2.1	Introducción al manejo del equipo.....	46
2.2.2	Procedimiento de conexión del osciloscopio G-scope2.....	46
2.2.3	Procedimiento de conexión del escáner G-Scan 2 .....	48
2.2.4	Configuración del vehículo en modo mantenimiento.....	51
2.2.5	Diagnóstico Del Sistema Integral .....	51
CAPÍTULO III.....		86
3	ANÁLISIS Y RESULTADOS .....	86

3.1	ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA INTEGRAL	86
3.1.1	Resultados de las señales y valores del sensor MAP en contacto vs arranque..	86
3.1.2	Análisis de los resultados obtenidos del sensor MAP en contacto y en arranque.	91
3.1.3	Resultado de las señales y valores del sensor MAP en ralentí vs acelerado.....	92
3.1.4	Análisis de los resultados obtenidos del sensor MAP en ralentí y acelerado....	98
3.1.5	Resultado de las señales y valores del sensor MAF en contacto vs arranque..	100
3.1.6	Análisis de los resultados obtenidos del Sensor MAF en contacto y en arranque.	104
3.1.7	Resultado de las señales y valores del sensor MAF en ralentí VS acelerado ..	105
3.1.8	Análisis de los resultados obtenidos del sensor MAF en ralentí y acelerado..	111
3.1.9	Resultado de las señales y valores del sensor IAT .....	111
3.1.10	Análisis de los resultados obtenidos del sensor IAT .....	113
3.1.11	Resultados de las señales y valores de los inyectores en contacto vs arranque	114
3.1.12	Análisis de los resultados obtenidos del inyector en contacto vs arranque. ....	116
3.1.13	Resultado de las señales y valores de los inyectores en ralentí vs acelerado. .	117
3.1.14	Análisis de los resultados obtenidos del inyector en ralentí vs acelerado. ....	125
3.1.15	Resultado de las señales y valores del circuito secundario de la bobina en ralentí vs acelerado .....	126
3.1.16	Análisis de los resultados obtenidos de las bobinas en ralentí y acelerado .....	132
3.1.17	Simulación de fallas.....	133
CAPITULO IV.....		142
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	142
4.1	Conclusiones .....	142
4.2	Recomendaciones.....	145
5	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	146
ANEXOS .....		149

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Comparativa de ciclos termodinámicos .....	28
Tabla 2.1 Especificaciones Técnicas del Osciloscopio G-Scope-2 .....	41
Tabla 2.2 Especificaciones técnicas del Scanner G-Scan 2 .....	42
Tabla 2.3 Especificaciones del Multímetro BOSCH FIX 7677 .....	43
Tabla 2.4 Especificaciones técnicas del Toyota Prius generación 3.....	44
Tabla 2.5 Condiciones de estudio .....	52
Tabla 2.6 Descripción de los cables pertenecientes al socket del sensor MAP .....	56
Tabla 2.7 Valores del sensor MAP obtenidos con el escáner automotriz.....	61
Tabla 2.8 Descripción de los cables pertenecientes al socket del sensor MAF e IAT (KOEO) .....	66
Tabla 2.9 Descripción de los cables del socket del sensor MAF en arranque y ralentí.....	67
Tabla 2.10 Rango de resistencia del sensor IAT.....	68
Tabla 2.11 Valores obtenidos con el escáner automotriz del sensor MAF+IAT .....	74
Tabla 2.12 Resistencia de inyectores .....	77
Tabla 2.13 Parámetros del sensor de oxígeno.....	81
Tabla 3.1 Datos obtenidos del sensor MAP con el escáner automotriz en contacto .....	88
Tabla 3.2 Valores obtenidos del sensor MAP con el escáner automotriz en arranque .....	91
Tabla 3.3 Valores obtenidos del sensor MAP con el escáner automotriz en ralentí.....	96
Tabla 3.4 Valores obtenidos del sensor MAP con el escáner automotriz en ralentí y acelerado .....	98
Tabla 3.5 Valores obtenidos del sensor MAF en contacto con el escáner automotriz .....	102
Tabla 3.6 Valores obtenidos del sensor MAF en arranque con el escáner automotriz.....	104
Tabla 3.7 Valores obtenidos del sensor MAF en ralentí con el escáner automotriz.....	109
Tabla 3.8 Valores obtenidos del sensor MAF con aceleración con el escáner automotriz....	110

Tabla 3.9 Rangos de funcionamiento del sensor IAT sugeridos por el manual de reparación. .....	112
Tabla 3.10 Rangos de funcionamiento del tiempo de inyección .....	119
Tabla 3.11 Valores del inyector en ralentí .....	121
Tabla 3.12 valores de inyector con aceleración .....	124
Tabla 3.13 Tiempo de quemado para la bobina 1 y su patrón de encendido.....	128
Tabla 3.14 Tiempo de quemado para la bobina 2 y su patrón de encendido.....	129
Tabla 3.15 Tiempo de quemado para la bobina 3 y su patrón de encendido.....	131

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Esquema de funcionamiento del motor .....	25
Figura 1.2 Ciclo real presión-volumen Ciclo Atkinson. ....	28
Figura 1.3 Bobina COP con modulo incorporado .....	30
Figura 1.4 Ubicación Sensor de Oxígeno. ....	33
Figura 1.5 Ubicación sensor MAP en el motor.....	34
Figura 1.6 Ubicación sensor MAF en el motor.....	35
Figura 1.7 Ubicación sensor MAP en el motor.....	36
Figura 2.1 Flujo Grama de la Metodología de Diagnóstico .....	45
Figura 2.2 Pantalla de inicio G Scope 2.....	46
Figura 2.3 Configuraciones osciloscopio.....	47
Figura 2.4 Canales osciloscopio G Scope 2.....	47
Figura 2.5 Pantalla de inicio del Escáner G-Scan 2.....	48
Figura 2.6 Selección de la marca del vehículo. ....	48
Figura 2.7 Modo de ingreso al vehículo .....	49
Figura 2.8 Verificación de información del vehículo .....	50
Figura 2.9 Sistemas del Vehículo .....	50
Figura 2.10 Análisis de datos en tiempo real.....	50
Figura 2.11 Desarme del depurador.....	53
Figura 2.12 Ubicación y cableado del sensor MAP.....	53
Figura 2.13 Voltaje de señal del sensor MAP en CONTACTO .....	54
Figura 2.14 Voltaje de masa del sensor MAP en CONTACTO .....	54
Figura 2.15 Voltaje de referencia del sensor MAP en CONTACTO .....	55
Figura 2.16 Voltaje mínimo de señal del sensor MAP en ARRANQUE a 20°C .....	55
Figura 2.17 Voltaje de señal del sensor MAP en ralentí a 95°C.....	56
Figura 2.18 Conexión sonda positiva.....	57

Figura 2.19 Conexión osciloscopio automotriz al sensor MAP .....	57
Figura 2.20 Configuración equipo osciloscopio sensor MAP .....	58
Figura 2.21 Oscilograma del sensor MAP en CONTACTO a 20°C.....	58
Figura 2.22 Oscilograma del sensor MAP en ARRANQUE a 20°C .....	59
Figura 2.23 Oscilograma del sensor MAP en RALENTÍ a 95°C .....	59
Figura 2.24 Oscilograma sensor MAP con aceleración.....	60
Figura 2.25 Datos del sensor MAP con el Escáner Automotriz. ....	61
Figura 2.26 Ubicación del Sensor MAF+IAT .....	62
Figura 2.27 Cableado del sensor MAF e IAT.....	63
Figura 2.28 Voltaje de señal del sensor IAT en contacto a 20°C.....	64
Figura 2.29 Voltaje de masa del sensor IAT en contacto .....	64
Figura 2.30 Voltaje de referencia del sensor MAF en contacto .....	64
Figura 2.31 Voltaje de masa del sensor MAF en contacto .....	65
Figura 2.32 Voltaje de señal del sensor MAF contacto a 20°C .....	65
Figura 2.33 Voltaje máximo en arranque sensor MAF.....	66
Figura 2.34 Voltaje de señal en ralentí sensor MAF .....	67
Figura 2.35 Resistencia del Sensor IAT a 20°C.....	68
Figura 2.36 Resistencia del sensor IAT a 55°C .....	68
Figura 2.37 Configuración del osciloscopio para medición del sensor MAF.....	69
Figura 2.38 Conexión del sensor MAF al osciloscopio automotriz.....	70
Figura 2.39 Sensor MAF voltaje de señal en contacto .....	71
Figura 2.40 Oscilograma sensor MAF arranque.....	71
Figura 2.41 Oscilograma sensor MAF en ralentí.....	72
Figura 2.42 Oscilograma sensor MAF aplicando carga.....	72
Figura 2.43 Datos de los sensores MAF+IAT con el Escáner Automotriz. ....	74
Figura 2.44 Ubicación inyectores motor 2ZR-FXE.....	75

Figura 2.45 Medición resistencia inyectores .....	76
Figura 2.46 Resistencia inyectores con el multímetro .....	76
Figura 2.47 Configuración osciloscopio automotriz inyector.....	78
Figura 2.48 Conexión señal inyector .....	78
Figura 2.49 Oscilograma inyector.....	79
Figura 2.50 Datos del sensor de Oxígeno y del inyector. ....	80
Figura 2.51 Configuración del equipo para el bobinado del secundario. ....	82
Figura 2.52 Ubicación Bobinas.....	83
Figura 2.53 Desmontaje Bobina .....	83
Figura 2.54 Cables de conexión bobina-bujía.....	84
Figura 2.55 Pinza inductiva para circuito secundario.....	84
Figura 2.56 Pinza inductiva para circuito secundario.....	85
Figura 2.57 Oscilograma del circuito secundario .....	85
Figura 3.1 Oscilograma del sensor MAP en contacto.....	87
Figura 3.2 Datos sensor MAP con escáner automotriz en CONTACTO .....	88
Figura 3.3 Oscilograma del sensor MAP en arranque (caída de voltaje) .....	89
Figura 3.4 Oscilograma del sensor MAP en ARRANQUE (voltaje mínimo).....	90
Figura 3.5 Datos sensor MAP escáner automotriz en arranque.....	91
Figura 3.6 Oscilograma del sensor MAP con aceleración (voltaje máximo) .....	92
Figura 3.7 Voltaje máximo del sensor MAP aplicado una carga. ....	93
Figura 3.8 Oscilograma del sensor MAP acelerado (voltaje mínimo).....	94
Figura 3.9 Voltaje máximo y mínimo en aceleración y en desaceleración. ....	94
Figura 3.10 Tiempo de variación de vacío.....	95
Figura 3.11 Datos sensor MAP escáner automotriz en ralentí.....	96
Figura 3.12 Datos sensor MAP escáner automotriz ACELERADO .....	97
Figura 3.13 Datos sensor MAP escáner automotriz DESACELERADO .....	97

Figura 3.14 Oscilograma sensor MAF señal contacto .....	101
Figura 3.15 Datos del sensor MAF con escáner automotriz en CONTACTO .....	101
Figura 3.16 Oscilograma sensor MAF señal en arranque.....	102
Figura 3.17 Datos sensor MAF escáner automotriz en arranque.....	103
Figura 3.18 Oscilograma voltaje de señal sensor MAF ralentí.....	105
Figura 3.19 Oscilograma voltaje mínimo de señal sensor MAF con aceleración. ....	106
Figura 3.20 Oscilograma voltaje máximo de señal sensor MAF con carga .....	107
Figura 3.21 Oscilograma-tiempo de variación del flujo de aire .....	108
Figura 3.22 Datos sensor MAP escáner automotriz en ralentí.....	109
Figura 3.23 Datos sensor MAF escáner automotriz ACELERADO .....	110
Figura 3.24 Valores del sensor IAT a 18°C .....	112
Figura 3.25 Valores del sensor IAT a 94°C .....	113
Figura 3.26 Oscilograma inyector en arranque.....	115
Figura 3.27 Tiempo de inyección en Arranque .....	116
Figura 3.28 Rangos de resistencia inyectores .....	117
Figura 3.29 Parámetros de medición del Oscilograma del inyector .....	118
Figura 3.30 Tiempo de pulso de inyección.....	119
Figura 3.31 Tensión generada en el inyector.....	120
Figura 3.32 Cierre del inyector .....	121
Figura 3.33 Ajuste de combustible en ralentí .....	122
Figura 3.34 Tiempo de pulso de inyección.....	123
Figura 3.35 Tensión generada en el inyector.....	123
Figura 3.36 Cierre del inyector.....	124
Figura 3.37 Ajuste de combustible acelerado.....	125
Figura 3.38 Tiempo de quemado Bobina 1 en ralentí.....	127
Figura 3.39 Tiempo de quemado bobina 1 con aceleración .....	127

Figura 3.40 Tiempo de quemado Bobina 2 en ralentí.....	128
Figura 3.41 Tiempo de quemado bobina 2 aplicando una aceleración.....	129
Figura 3.42 Tiempo de quemado Bobina 3 en ralentí.....	130
Figura 3.43 Tiempo de quemado Bobina 3 con aceleración.....	130
Figura 3.44 Tiempo de quemado Bobina 4 en ralentí.....	131
Figura 3.45 Tiempo de quemado bobina 4 con aceleración .....	132
Figura 3.46 Variación del pulso de inyección al desconectar un inyector.....	134
Figura 3.47 Tiempo de quemado al desconectar un inyector .....	135
Figura 3.48 Ajuste de combustible SFT al desconectar un inyector.....	136
Figura 3.49 Retroalimentación del Sensor de Oxígeno al desconectar un inyector. ....	136
Figura 3.50 Variación del pulso de inyección al desconectar una bobina .....	138
Figura 3.51 Tiempo de quemado al desconectar una bobina.....	138
Figura 3.52 Ajuste de combustible SFT al desconectar una bobina .....	139
Figura 3.53 Valores del Sensor de oxígeno al desconectar una bobina.....	139

## RESUMEN

El propósito principal de este trabajo se adentró en un diagnóstico estequiométrico del motor 2ZR-FXE por medio del sistema integral con el uso del osciloscopio automotriz. Este proceso de estudio involucró el diagnóstico del sistema de encendido, sistema de inyección y sistema de admisión, los cuales son fundamentales para el análisis de la relación estequiométrica. Para un correcto diagnóstico se utilizó el osciloscopio automotriz con el cual se obtuvo los oscilogramas de los diferentes sensores y actuadores que forman parte de cada sistema, con el objetivo de analizar cada oscilograma y verificar de acuerdo a los datos obtenidos la eficiencia de la relación estequiométrica. Tras realizar diferentes diagnósticos en diferentes instancias se observó la variación de aire-combustible, esto se debe a las diferentes condiciones que se encuentra el motor así como también a las diferentes exigencias a la cual es sometido. En estas diferentes pruebas se observó como la unidad de control realiza los diferentes ajustes necesarios a corto y largo plazo con el fin de mantener una mezcla estequiométrica para mantener un funcionamiento correcto del motor. Gracias al sensor de oxígeno se pudo verificar si la mezcla aire-combustible se encontraba estable, rica o pobre. Con valores del factor lambda igual a 1, voltaje en 3.3 V y una corriente igual a 0 se dice que la mezcla estequiométrica es ideal.

## ABSTRACT

The main purpose of this work was to delve into a stoichiometric diagnosis of the 2ZR-FXE engine through the integral system with the use of the automotive oscilloscope. This study process involved the diagnosis of the ignition system, injection system and intake system, which are fundamental for the analysis of the stoichiometric ratio. For a correct diagnosis, the automotive oscilloscope was used to obtain the oscillograms of the different sensors and actuators that are part of each system, with the objective of analyzing each oscillogram and verifying, according to the data obtained, the efficiency of the stoichiometric relationship. . After carrying out different diagnoses in different instances, the air-fuel variation was observed, this is due to the different conditions that the engine is in as well as the different demands to which it is subjected. In these different tests, it was observed how the control unit makes the different adjustments necessary in the short and long term in order to maintain a stoichiometric mixture to maintain correct engine operation. Thanks to the oxygen sensor it was possible to verify whether the air-fuel mixture was stable, rich or lean. With values of the lambda factor equal to 1, voltage of 3.3 V and a current equal to 0, the stoichiometric mixture is said to be ideal.

## INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más impulsado por la innovación y la sostenibilidad, la eficiencia de los vehículos híbridos se ha convertido en un área crítica de investigación. En este contexto, el presente estudio se sumerge en el diagnóstico estequiométrico del motor 2ZR-FXE utilizando el osciloscopio automotriz, combinado con un análisis del sistema integral.

El diagnóstico de la relación aire-combustible es esencial para optimizar el rendimiento de los vehículos híbridos y para lograrlo es necesario el uso de equipos de diagnóstico que permitan obtener información confiable de los distintos componentes que forman parte del sistema de encendido, sistema de inyección y sistema de admisión. El uso del osciloscopio automotriz permite capturar señales eléctricas en tiempo real de los diferentes sistemas involucrados en el diagnóstico, permitiendo el análisis de los oscilogramas con el fin de verificar el funcionamiento de los diferentes sensores y actuadores. De este modo se verifica la eficacia de la relación aire-combustible que presenta el motor a diferentes instancias a las que puede ser expuesto y determinar si la mezcla estequiométrica es ideal, rica o pobre.

# CAPÍTULO I

## 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1 ANTECEDENTES

Según la revista(Gaviria Jorge et al., 2002) El francés Joseph Étienne Lenoir fabricó el primer motor de combustión interna en 1859, con una eficiencia de un 5% el cual incluía una bujía para el encendido de la mezcla. Este motor constaba de un solo pistón y de un solo tiempo.

“Este motor era movido por gas de carbón mezclado con aire, fue de tipo experimental y dio la pauta para que otros ingenieros profundizaran en los motores de explosión que vendrían después”(Gaviria Jorge et al., 2002).

En 1867, el ingeniero Alemán Nikolaus August Otto junto con E. Langen, desarrollo un motor de combustión interna ligeramente mejor al de Lenoir. Después de una larga investigación en 1876 logro construir el primer motor de combustión interna de 4 tiempos el cual en una carrera admitía la carga de aire y de gas de carbón, luego en otra carrera la comprimía y después de una explosión se producía la carrera de expansión (Gaviria Jorge et al., 2002).

De acuerdo a la “Revista UIS Ingenierías” (Henaó-Castañeda, 2018), con la invención del motor a combustión interna se ha ido desarrollando investigaciones para mejorar sus prestaciones e incrementar su eficiencia. Por tal motivo se han dado modificaciones a los ciclos Otto y Diésel con el objetivo de aprovechar la energía suministrada por el combustible y reducir las emisiones contaminantes. Así nace en 1882 el Ciclo Atkinson llamado así por su creador James Atkinson el cual mediante la adición de eslabones a la cadena cinemática básica de un motor (mecanismo multieslabón), la carrera de expansión se prolonga hasta la presión

barométrica, con el fin de extraer todo el potencial de trabajo disponible en los gases de trabajo del cilindro, a la vez que las carreras de admisión y compresión permanecen similares a las de un ciclo Otto.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad la contaminación por parte de los vehículos ha tenido un gran impacto ambiental a nivel global. Por tal motivo se ha buscado diferentes formas en las que se pueda resolver esta problemática y una de ellas es la creación de vehículos híbridos, los cuales han cambiado significativamente el impacto contaminante en a la sociedad. Sin embargo, a pesar de que los vehículos híbridos sean una mejor opción para la sociedad, no significa que estemos libres de posibles contaminaciones que impactan en la calidad de aire y a la salud pública. Por tal motivo es necesario mantener un diagnóstico preciso y eficiente del sistema integral de los motores que forman parte de estos vehículos híbridos, centrándose en la relación estequiométrica de la mezcla aire-combustible. Este análisis estequiométrico permite evaluar la eficiencia de la combustión, identificar posibles fallos en los componentes del motor y así determinar los factores importantes que producen emisiones contaminantes.

Frente a dichos factores mencionados anteriormente que se presentan en la sociedad, se tiene como base desarrollar una metodología minuciosa y específica que sirva como una guía técnica en la cual se especifique el análisis del sistema integral del mecanismo interno del motor 2ZR-FXE y el comportamiento estequiométrico que es producido por este mismo. De esta manera los estudiantes de la Universidad Técnica del Norte y la sociedad tendrán una guía técnica con información clara y precisa en la cual se puedan guiar para llevar a cabo un diagnóstico eficaz y preciso.

## **1.3 OBJETIVOS**

### ***1.3.1 OBJETIVO GENERAL***

Diagnosticar la relación estequiométrica mediante el uso del osciloscopio y analizar el sistema integral del mecanismo interno del motor 2ZR-FXE.

### ***1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS***

- Realizar el diagnóstico estequiométrico producido en el motor 2ZR-FXE por medio del sistema integral con el uso del osciloscopio automotriz.
- Determinar la eficacia de la relación estequiométrica realizando un estudio en los sensores y actuadores del sistema integral por medio del osciloscopio automotriz.
- Analizar el comportamiento de las ondas eléctricas de los sensores y actuadores que conforma el sistema integral utilizando el osciloscopio automotriz en diversas condiciones de carga y velocidad del motor.
- Desarrollar una guía técnica para facilitar el diagnóstico estequiométrico con osciloscopio del sistema integral del motor 2ZR-FXE.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

Debido a que en la sociedad no se conoce muy a fondo los conceptos o temas necesarios sobre el funcionamiento del motor 2ZR-FXE y por supuesto la información correcta del mantenimiento que requieren estos vehículos, se realizara un estudio que contribuirá con la información técnica necesaria para el desarrollo del diagnóstico estequiométrico en el motor 2ZR-FXE y con este proceso previo poder corroborar con el sistema integral del mecanismo interno que este lo conforma, para minimizar tiempos de trabajo que se producen en la indagación de fallas del mecanismo interno del motor y además agilizar los procesos correctivos o preventivos que muestre el vehículo en un taller automotriz.

## 1.5 ALCANCE

Mediante esta investigación se pretende realizar el diagnóstico estequiométrico principalmente con el uso del osciloscopio automotriz mediante el cual se podrá analizar el sistema integral del motor enfocado en 3 principales sistemas los cuales son admisión, inyección y encendido, de esta manera se podrá estudiar el funcionamiento de los sensores y actuadores del sistema integral del motor 2ZR-FXE y realizar un diagnóstico de los mismos en diferentes condiciones.

Se basará en la información recolectada para formar una guía técnica dirigida a los estudiantes de la Universidad Técnica del Norte y para todos aquellos que tenga acceso a la guía, en la cual se rijan al momento de realizar una revisión de funcionamiento de dicho motor.

## 1.6 MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

### 1.6.1 *Antecedentes Históricos*

La historia de los motores de combustión interna se remonta al siglo XVIII, cuando se descubrió que la energía térmica de la combustión podía ser transformada en energía mecánica. Los primeros motores de combustión interna eran dispositivos experimentales que utilizaban una variedad de combustibles y procesos de combustión para producir pequeñas cantidades de energía.

En 1860, el ingeniero francés Étienne Lenoir inventó el primer motor de combustión interna comercialmente exitoso, que utilizaba gas de iluminación como combustible. El motor de Lenoir fue el precursor de los motores de ciclo Otto, que fueron desarrollados por el ingeniero alemán Nikolaus Otto en la década de 1870. Los motores de ciclo Otto utilizaban

una mezcla de aire y gasolina, comprimida por un pistón dentro de un cilindro y encendida por una chispa, para generar energía mecánica.

En 1892, el ingeniero alemán Rudolf Diesel patentó un motor de combustión interna que lleva su nombre, que utilizaba la compresión en lugar de la chispa para encender la mezcla de aire y combustible. El motor diésel fue una innovación importante en la historia de los motores de combustión interna, ya que ofrecía una mayor eficiencia y un mejor rendimiento en comparación con los motores de ciclo Otto.

En las décadas siguientes, los motores de combustión interna se desarrollaron y mejoraron, con innovaciones como el sistema de inyección de combustible, los motores de cuatro tiempos y los motores de ciclo Atkinson. Estos avances hicieron que los motores de combustión interna fueran cada vez más populares en una variedad de aplicaciones, incluyendo la industria automotriz, la aviación y la generación de energía eléctrica.

En la actualidad, los motores de combustión interna siguen siendo una tecnología importante en muchas industrias, aunque también se han desarrollado alternativas más limpias y eficientes, como los motores eléctricos y los motores híbridos. A pesar de esto, los motores de combustión interna continúan siendo una tecnología relevante e importante, y es probable que sigan desempeñando un papel importante en el futuro previsible (Payri & Desantes, 2011).

### ***1.6.2 Base De Funcionamiento***

Los motores de combustión interna son máquinas que convierten la energía térmica de la combustión en energía mecánica. El funcionamiento de los motores de combustión interna se basa en cuatro procesos básicos: admisión, compresión, combustión y escape.

### **1.6.2.1 Admisión**

El proceso de admisión comienza cuando una mezcla de aire y combustible es aspirada dentro del motor, generalmente a través de una válvula de admisión. La cantidad de aire y combustible que ingresa al motor es controlada por el acelerador y el sistema de inyección de combustible.

### **1.6.2.2 Compresión**

Una vez que la mezcla de aire y combustible ha entrado en el motor, el pistón se mueve hacia arriba dentro del cilindro, comprimiendo la mezcla. Este proceso aumenta la temperatura y la presión dentro del cilindro, preparando la mezcla para la combustión.

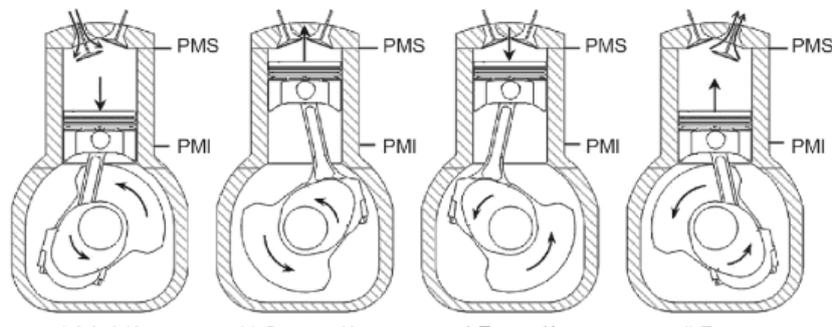
### **1.6.2.3 Combustión**

La combustión comienza cuando la mezcla de aire y combustible es encendida por una chispa en un motor de ciclo Otto o por la compresión en un motor diésel. La combustión de la mezcla de aire y combustible produce una explosión que empuja el pistón hacia abajo en el cilindro, generando energía mecánica.

### **1.6.2.4 Escape**

Una vez que se ha producido la combustión, los gases de escape se expulsan del motor a través de la válvula de escape. Los gases de escape son llevados fuera del motor a través del sistema de escape, que incluye el tubo de escape y el silenciador.

Este proceso de admisión, compresión, combustión y escape se repite en cada ciclo del motor, generando energía mecánica que puede ser utilizada para impulsar vehículos o maquinarias.



**Figura 1.1** Esquema de funcionamiento del motor

Fuente: (Rovira de Antonio & Muñoz Domínguez, 2015)

## 1.7 CARACTERÍSTICAS MOTOR 2ZR-FXE

El motor 2ZR-FXE es un motor de gasolina de cuatro cilindros y 1.8 litros de capacidad, producido por Toyota. Es un motor de ciclo Atkinson que se utiliza en varios modelos híbridos de Toyota, incluyendo el Prius y el Corolla.

**Arquitectura del motor:** Es un motor de cuatro cilindros en línea con distribución DOHC (doble árbol de levas en cabeza).

**Sistema de alimentación:** Utiliza un sistema de inyección de combustible multipunto (MPI).

**Tecnología Atkinson:** el motor 2ZR-FXE utiliza una versión del ciclo Atkinson, que es un ciclo de combustión que maximiza la eficiencia del combustible a costa de una menor potencia. Esto se logra mediante la modificación de los tiempos de apertura de las válvulas de admisión y escape.

**Potencia:** El motor 2ZR-FXE produce una potencia máxima de 97 caballos de fuerza a 5.200 rpm y un par máximo de 142 Nm a 3.600 rpm (Toyota Argentina S.A, 2021)

**Eficiencia:** Debido a su diseño de ciclo Atkinson y sistema híbrido, el motor 2ZR-FXE es muy eficiente en términos de consumo de combustible (“Electric and Hybrid-Electric Vehicles - Engines and Powertrains,” 2010).

En general, el motor 2ZR-FXE es una tecnología moderna y avanzada que combina eficiencia y rendimiento. Es uno de los motores más utilizados en los vehículos híbridos de Toyota y es una pieza clave en la estrategia de la compañía para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la eficiencia del combustible.

## 1.8 CICLOS TERMODINÁMICOS

Los ciclos termodinámicos son una herramienta fundamental para el análisis y comprensión del funcionamiento de los motores de combustión interna. En general, estos ciclos describen la secuencia de procesos termodinámicos que ocurren en el interior del motor, desde la admisión del combustible hasta la expulsión de los gases de escape.

Existen diferentes tipos de ciclos termodinámicos, cada uno con sus propias características y aplicaciones en el diseño de motores. El ciclo Otto, el ciclo Diesel y el ciclo Atkinson son algunos de los más comunes.

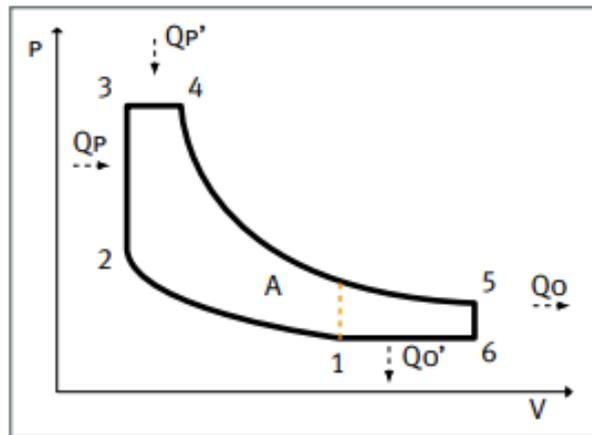
El estudio detallado de los ciclos termodinámicos en los motores de combustión interna permite entender cómo se aprovecha la energía liberada por la combustión del combustible, así como también cómo se pueden mejorar la eficiencia y las emisiones de los motores mediante la optimización de estos ciclos (Payri & Desantes, 2011).

### ***1.8.1 Ciclo Atkinson***

El Ciclo Atkinson fue desarrollado por el ingeniero británico James Atkinson en 1882 y ha sido utilizado en motores híbridos para maximizar la eficiencia térmica. Comprender los principios básicos del Ciclo Atkinson es fundamental para el diseño, desarrollo y optimización de los motores híbridos modernos.

Además, el funcionamiento del Ciclo Atkinson es similar al Ciclo Otto, pero con una relación de compresión menor que la relación de expansión. El Ciclo Atkinson consta de cuatro procesos teóricos: admisión, compresión, expansión y escape (De et al., 2011).

De igual manera estos procesos teóricos son una representación del ciclo ideal. En el ciclo real manifiesta que hay un aporte de calor tanto en volumen constante y a presión constante esto está representado en la Figura 1.2. Además, en este ciclo termodinámico para lograr una mayor relación de compresión, se logra mediante la reducción de la carrera de compresión con respecto a la de expansión, permitiendo de esta manera que el flujo de aire de la cámara de combustión regrese al colector de admisión por medio del pistón cuando este se encuentre ascendiendo, esto lo realiza con conjunto a las válvulas reduciendo el tiempo de apertura para lograr la recirculación del flujo de aire al colector de admisión a este proceso se lo conoce como una falsa compresión (FITSA, 2008).



**Figura 1.2** Ciclo real presión-volumen Ciclo Atkinson.  
Fuente: (FITSA, 2008)

### 1.8.2 Comparativa Entre Ciclos Termodinámicos

La tabla 1.1 indica las diferencias que existen entre el ciclo termodinámico Otto y Atkinson.

**Tabla 1.1** Comparativa de ciclos termodinámicos

CICLO OTTO	CICLO ATKINSON
Aporte de calor solo a volumen constante	Aporte de calor a volumen y presión constante
Posee cuatro tiempos de trabajo iguales	Reducción de la carrera de compresión con respecto a la de expansión para lograr una mayor carrera de compresión
Mayor potencia del motor	Genera menor potencia el motor
Menor eficiencia termodinámica	Mayor eficiencia termodinámica
Los 4 tiempos lo realiza en 2 vueltas del cigüeñal	Los 4 tiempos los realiza en una sola vuelta del cigüeñal

Fuente: (FITSA, 2008)

## **1.9 SISTEMAS AUXILIARES**

### ***1.9.1 Sistema De Encendido***

El objetivo del sistema de encendido es provocar un arco eléctrico entre los electrodos de la bujía con la finalidad de combustionar la mezcla de aire y combustible que se encuentra en los cilindros y generar una fuerza que impulse a los pistones.

La chispa que se genera en el sistema de encendido debe darse en un momento específico tomando en cuenta un avance de encendido, es decir, la chispa debe ser generada momentos antes de que el pistón se encuentre en el PMS, provocando de esta manera un mejor rendimiento mecánico de la combustión.

La eficiencia del sistema de encendido es determinante para el funcionamiento eficaz del motor. Si existe fallas en el sistema de encendido no permitiría que se dé correctamente la combustión en el cilindro, generando altas emisiones, pérdidas de potencia y daños mecánicos dentro del motor, por lo cual es necesario dar un mantenimiento riguroso a este sistema. (Ramos, 2006, p. 11,12)

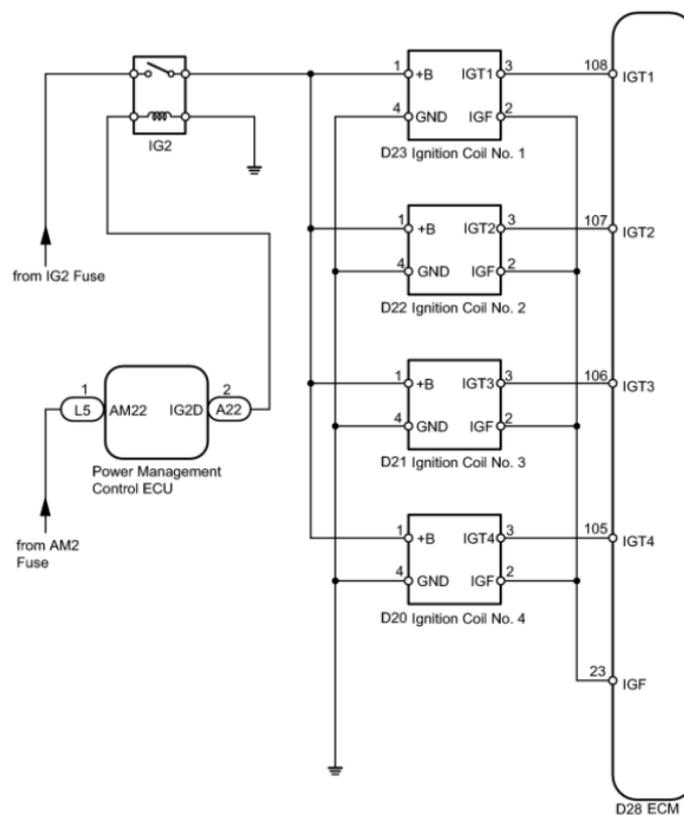
#### **1.9.1.1 Sistema de encendido electrónico COP**

Este sistema COP (coil-on plug) ya no usa cables de alta tensión, las bobinas van ubicadas en la parte superior de cada bujía, permitiendo de este modo eliminar la resistencia y provoca una mejor combustión. A este sistema también se lo conoce como independiente o secuencial. (Abraham Larico Huanca, 2018)

### 1.9.1.2 Bobina COP con modulo incorporado.

Esta bobina cuenta con 4 cables, 3 de ellos cumplen la misma función de la bobina con transistor de potencia y el cuarto cable sirve como una retroalimentación a la ECM. (CISE, 2010, p. 18)

Dependiendo de la sincronización del encendido, la ECM controla los pulsos, prendiendo el transistor de potencia y apagándolo. Este transistor permite conectar y desconectar la corriente del primario de la bobina, mientras que en el secundario se genera un amplio voltaje el cual va aplicado a las bujías provocando la combustión de la mezcla aire combustible en los cilindros. La señal IGF comprueba la inducción que se dio en la bobina del primario. (Benavides Ignacio & Murillo, 2012)



**Figura 1.3** Bobina COP con modulo incorporado

Fuente: (2010 ToyotaManual FOREWORD, 2010)

### **1.9.2 Sistema De Inyección**

Este sistema se encarga de suministrar el combustible al motor, tiene como objetivo lograr una mezcla eficiente de aire y gasolina para generar una combustión eficaz dentro del cilindro. En sus inicios su funcionamiento era mecánico, actualmente funciona de manera electrónica.

Tiene 3 puntos importantes que debe cumplir para un funcionamiento correcto, debe realizar una dosificación del combustible en el momento exacto, en cantidades correctas y a una presión conveniente. (Bolívar Mera, 2016)

La inyección electrónica permite lograr una mejor relación estequiométrica ya que la combustión dentro del cilindro será más eficaz, además reduce los gases contaminantes.

#### **1.9.2.1 Inyector**

Es el actuador que permite dosificar el combustible dentro del cilindro para realizar la combustión. Este actuador recibe la información de la ECM la cual en base a los requerimientos del usuario se encarga de dar impulsos eléctricos que permiten la apertura de la aguja del inyector para que el combustible sea pulverizado dentro del cilindro. (Amán Alexandra & Castelo Juan, 2012)

Los inyectores deben cumplir su funcionamiento de manera eficaz para garantizar una combustión precisa y reducir los gases contaminantes. Para esto es necesario que reciban un mantenimiento periódico para su correcto desempeño. (Amán Alexandra & Castelo Juan, 2012)

### 1.9.2.2 Clasificación de los inyectores por su impedancia

La impedancia indica la resistencia eléctrica que posee la bobina de cada uno de los inyectores. La medida viene dada por el valor en ohmios  $\Omega$ , de esta manera se clasifican en alta impedancia y baja impedancia. (Jiménez Jonathan, 2016)

Los inyectores de alta impedancia requieren un valor alto de resistencia de 12-17 ohmios. Estos valores altos permiten que los inyectores funcionen a niveles de corriente bajos (0,8-1amp), generando menos calor para alargar la vida útil de los componentes. (E-auto, 2019)

Los inyectores de baja impedancia requieren valores bajos de resistencia de 1.5-3 ohmios. Este tipo de inyectores son usados en motores de gran cilindraje gracias a su corto tiempo de accionamiento. (Jiménez Jonathan, 2016)

Gracias a la ley de ohm se encuentra la relación que existe entre la resistencia del inyector y el nivel de corriente, donde  $V$ =Voltaje,  $I$ =Corriente (amperios) y  $R$ = Resistencia (ohmios). En el caso de un inyector de alta impedancia que posee una resistencia de 14 ohmios y un voltaje de alimentación de 12 voltios necesitara una corriente de 0,86 amperios. (E-auto, 2019)

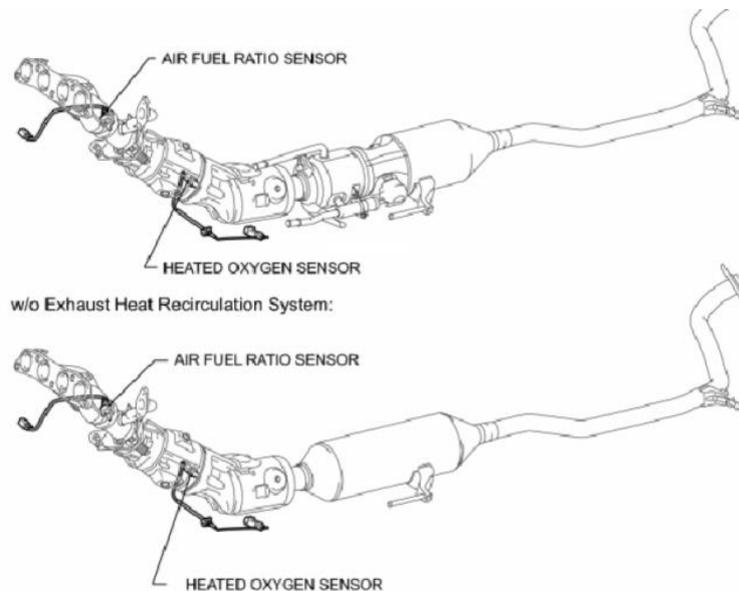
### 1.9.2.3 Sensor de Oxígeno

Este sensor es una sonda que se encarga de analizar y medir el oxígeno que se encuentra en los gases de escape, y mediante una señal eléctrica informar a la ECM la cual posteriormente realizara correcciones para ajustar la mezcla de aire combustible garantizando una relación estequiométrica estable. (Benavides Ignacio & Murillo Christian, 2012)

- **Sonda Lambda Banda ancha**

Los sensores de oxígeno de banda ancha son una actualización de los sensores de oxígeno convencionales y se caracterizan por tener una medición más amplia de concentraciones de

oxígeno, además son más veloces en la lectura de datos de la relación de aire-combustible, esto ayuda a que sea más preciso el ajuste de combustible. (HELLA, 2010)



**Figura 1.4** Ubicación Sensor de Oxígeno.  
Fuente: (ToyotaManual, 2010)

### 1.9.3 Sistema De Admisión

El sistema de admisión es esencial para el funcionamiento de un motor de combustión interna, ya que gracias a este sistema permite el ingreso del aire a través de varios componentes para lograr una combustión eficaz dentro de cada cilindro.

Su uso es importante para brindar al motor el aire necesario para una combustión exacta que permita rendir de manera correcta.

Los componentes esenciales que conforma este sistema son:

- Filtro de aire
- Cuerpo de aceleración
- Caja de aire

- Múltiple de admisión
- Sensores MAF-MAP-IAT-O<sub>2</sub>

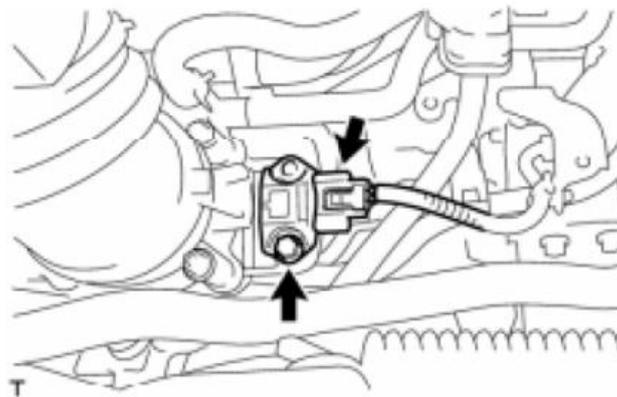
### 1.9.3.1 Sensores del sistema de admisión

Dentro de este sistema, gracias a los sensores, la unidad de control ECM controla los pulsos de inyección de combustible de los inyectores para una correcta combustión en los cilindros y tener una relación estequiométrica perfecta.

Los sensores más importantes dentro de este sistema son:

### 1.9.3.2 Sensor MAP

Este sensor es el encargado de medir la presión que existe en el múltiple de admisión basándose en la tensión de vacío. De acuerdo a la información recibida por el sensor la ECM regula y controla la relación estequiométrica. Además, la unidad de control, controla la EGR y la purga VSV. (Benavides Ignacio & Murillo Christian, 2012)



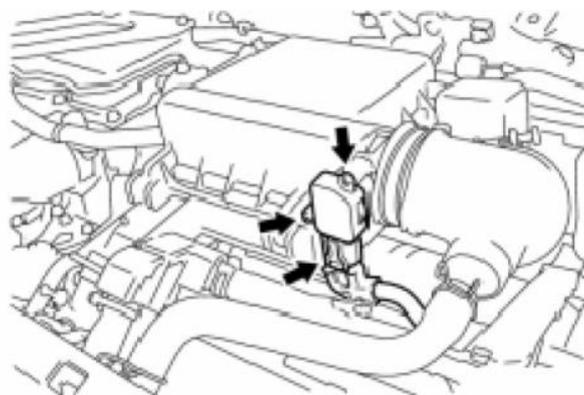
**Figura 1.5** Ubicación sensor MAP en el motor.  
Fuente: (ToyotaManual, 2010)

### 1.9.3.3 Sensor MAF

Este sensor tiene como objetivo medir el flujo o la cantidad de aire que fluye hacia el múltiple de admisión.

La ECM se encarga de analizar los datos obtenidos por el sensor MAF y posteriormente realizar la inyección necesaria de combustible dentro de los cilindros para una correcta combustión manteniendo una relación estequiométrica estable.

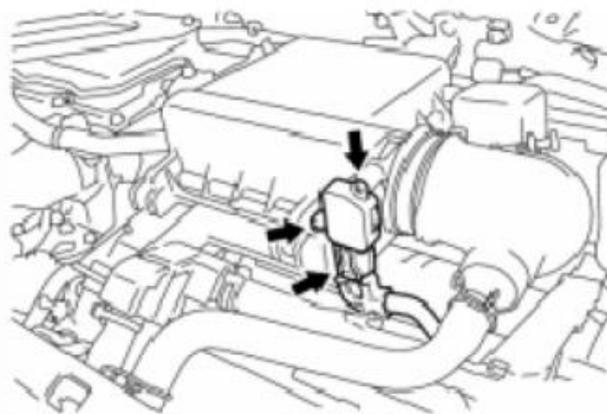
Este sensor es de tipo hilo caliente y su funcionamiento se basa en proporcionar una corriente eléctrica a un alambre de platino para mantenerlo caliente después de estar expuesto al flujo de aire que entra al motor. Esta variación de señal eléctrica es enviada a la ECM la cual la interpreta y determina la cantidad de aire ingresado. (Benavides Ignacio & Murillo Christian, 2012)



**Figura 1.6** Ubicación sensor MAF en el motor.  
Fuente: (ToyotaManual, 2010)

#### 1.9.3.4 Sensor IAT

El Sensor IAT se encuentra en conjunto con el sensor MAF y tiene como objetivo medir la temperatura del aire que ingresa al motor. Su funcionamiento se basa en un termistor que tiene integrado con una resistencia variable dependiendo de la temperatura del aire, es decir, cuando el aire tiene una temperatura baja la resistencia del sensor es alta y cuando la temperatura del aire aumenta la resistencia baja. Este sensor envía en forma de voltaje la señal a la ECM la cual se encarga de controlar la inyección de combustible. Cuando la temperatura del aire es baja aumenta el volumen de inyección para una mejor combustión. (Benavides Ignacio & Murillo Christian, 2012)



**Figura 1.7** Ubicación sensor MAP en el motor.  
Fuente: ( ToyotaManual, 2010)

#### 1.9.4 Estequiometría

La estequiometría se describe como una relación ideal entre aire y combustible con el fin de lograr una combustión perfecta. La relación de aire-combustible en los motores de combustión interna es de 14,7 a 1 lo que significa que por 14,7 partes de aire debe haber 1 parte de combustible logrando de esta manera una combustión eficaz aprovechando toda la energía entregada por la mezcla. (Fidalgo Rubén, 2019)

Con una relación estequiométrica ideal se logra tener más eficiencia y reducción de emisiones de gases contaminantes. Se debe tomar en cuenta que la relación de 14,7:1 puede variar dependiendo de los requerimientos a los que sea expuesto el vehículo, por lo cual puede ir variando entre mezcla rica y mezcla pobre. Las razones más importantes son la carga del motor, la velocidad y la temperatura del motor.

- **Mezcla rica:** Se refiere a una relación de aire-combustible en la que la cantidad de combustible es mayor a la cantidad de oxígeno. Se puede dar por dos motivos, ya sea por falta de oxígeno en la mezcla o por un exceso de combustible. (Autingo, 2015)
- **Mezcla pobre:** Se refiere a una relación de aire-combustible en la que la cantidad de oxígeno es mayor a la cantidad de combustible. Se puede dar por dos motivos, ya sea por un exceso de aire o por falta de combustible. (Autingo, 2015)

## 1.10 AJUSTE DE COMBUSTIBLE

El ajuste de combustible se refiere a las correcciones que realiza la ECM controlando el suministro de combustible a las diferentes exigencias del vehículo para lograr mantener una relación estequiométrica estable, es decir  $\lambda=1$ . (Calderón Alex, 2012)

El ajuste de combustible tiene dos maneras de corrección. Un ajuste a corto plazo y otro a largo plazo.

### 1.10.1 Ajuste de combustible a corto plazo SFT (*Short Fuel Trim*)

La unidad de control ECM basándose en las señales del sensor de oxígeno realiza una corrección de combustible de manera inmediata. Este ajuste es expresado en modo de porcentaje, puede ser positivo o negativo. En muchos casos el valor oscilará entre + o - 10% dependiendo del estado en el que se encuentre el motor. Esta corrección de combustible se la

realiza en tiempo real adaptándose a las diferentes condiciones que se encuentre el motor. Cuando es sometido a una aceleración extrema entra en Open Loop y el ajuste de combustible a corto plazo tiene un valor de 0%.(Calderón Alex, 2012)

### ***1.10.2 Ajuste de combustible a largo plazo LFT (Long Fuel Trim)***

Este ajuste de combustible a largo plazo se basa en correcciones de combustible más permanentes. Estas correcciones se programan de acuerdo a los cambios que muestre el sensor de oxígeno en forma de porcentaje. La ECM ajusta la base de datos de la duración del pulso de inyección de combustible para futuras operaciones, permitiendo que el sistema se adapte a cambios graduales en el rendimiento del motor. Los valores entre los que puede oscilar son entre + o - 12%.(Calderón Alex, 2012)

### ***1.10.3 Lazo Abierto (Open Loop)***

Dentro de este sistema no existe una retroalimentación por parte de la ECM, es decir no existe un seguimiento de la salida ni se realiza ajustes basados en esta. Durante este proceso la ECM no presta atención a la información brindada por el sensor de oxígeno, por lo cual no regula la mezcla aire/combustible, esto se debe a las exigencias a las que este expuesto el vehículo, ya sea por aceleración, desaceleración, calentamiento del motor. (E-auto, 2012)

### ***1.10.4 Lazo Cerrado (Closed Loop)***

Este sistema es un bucle cerrado en el cual existe un monitoreo y regulación de su salida. Durante este proceso existe una regulación de la mezcla aire/combustible, esto significa que la ECM presta atención a la información brindada por el sensor de oxígeno para mantener una relación estequiométrica estable, entonces se dice que el sistema se encuentra en Closed Loop. (E-auto, 2012)

## 1.11 EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO

Los equipos de diagnóstico automotriz cumplen una función importante en el monitoreo de los componentes que conforman parte del vehículo, ya que, gracias a ellos se pueden identificar las posibles fallas que pueda tener el auto y a su vez poder resolverlos de manera eficiente.

Estos equipos sirven para obtener información clara de los sistemas electrónicos que conforman el vehículo, garantizando de esta manera un correcto funcionamiento del mismo.

Existe una gran variedad de tipos y modelos de equipos de diagnóstico automotriz, los cuales deben ser estudiados minuciosamente para su uso correcto y de esta manera evitar fallas en las lecturas de los diagnósticos ya sea por una falta de conocimiento o el uso de un equipo inapropiado.(Donado Armando, 2020)

Los equipos más usados para un correcto diagnóstico automotriz son:

- Osciloscopio
- Scanner
- Multímetro

## CAPÍTULO II

### 2 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1 MATERIALES

Para realizar un análisis eficaz al sistema integral del Toyota Prius es necesario tener equipos modernos de diagnóstico que permitan ofrecer soluciones asertivas a las posibles fallas que pueda tener los distintos sistemas o componentes que lo conforman.

Para realizar el diagnóstico del sistema integral se utilizó los siguientes materiales:

- Osciloscopio G-Scope 2
- Scanner automotriz G-SCAN 2
- Multímetro automotriz
- Motor 2ZR-FXE del Vehículo Toyota Prius.

##### 2.1.1 *Osciloscopio G-Scope-2*

El Osciloscopio Automotriz G-Scope-2 es un equipo tipo Tablet-portátil diseñado específicamente para el uso automotriz, este equipo cuenta con pre-seteos para diferentes componentes del vehículo como sensores, actuadores, entre otros, que permiten captar sus oscilogramas para un análisis del correcto funcionamiento de estos mismos componentes y el comportamiento a diferentes cargas del motor o anomalías que puede presentar el sistema integral en el diagnóstico estequiométrico.

**Tabla 2.1** Especificaciones Técnicas del Osciloscopio G-Scope-2

<b>Especificaciones</b>	<b>Valores</b>
Canales analógicos	2
Ancho de banda	100 MHz
Canales	2
Frecuencia de muestreo (Max)	1 G Sa/S
Profundidad de memoria	28 Mpts
Tasa de captura de forma de onda	80000 wfm/s
Filtro de banda ancha	20 MHz, paso alto, paso bajo
Interfaz	Wi-Fi, LAN, HDMI, USB, GND, DC, Tigger

Fuente: (Michael Arboleda & Marlon Hernández, 2023)

### **2.1.2 Escáner Automotriz GScan2**

El escáner automotriz G-Scan2 es un equipo específicamente enfocado en el uso automotriz, con el que se puede acceder a la unidad de control del automóvil y realizar la toma de datos en tiempo real, códigos de error y otros datos importantes de los diferentes sensores y actuadores del vehículo, con la finalidad de poder analizar el comportamiento y el funcionamiento adecuado de estos mismos a diferentes pruebas que se realiza en el diagnóstico del sistema integral. (G-SCAN OCEANIA, 2019)

**Tabla 2.2** Especificaciones técnicas del Scanner G-Scan 2

<b>Especificaciones</b>	<b>Valores</b>
Dispositivos de entrada	Pantalla táctil, teclas de encendido, Enter y ESC, teclas direccionales de 4 direcciones, teclas de función F1~F6
Puerto COM externo	1 x USB 2.0 (maestro) y 1 x mini USB (esclavo)
Potencia de entrada	100-240 VCA
Frecuencia	50/60Hz
Módulo WiFi	A bordo
Bluetooth	A bordo
Salida de señal de voltaje	0,0 ~ 5,0 V
Salida de señal de frecuencia	1 Hz ~ 15 kHz

Fuente: (G-SCAN OCEANIA, 2019)

### **2.1.3 Multímetro Automotriz BOSH FIX 7677**

EL multímetro automotriz es un equipo de diagnóstico muy eficiente que según (BOSCH) “realiza todas las pruebas eléctricas estándar y específicas de automoción para la resolución de problemas en el automóvil y en el banco, incluidas: pruebas de tacómetro, permanencia, voltios, ohmios y diodos en sistemas de 6 V y 12 V.”

Es un equipo de diagnóstico ideal para realizar análisis en los diferentes sistemas del vehículo como los sistemas de arranque y carga, sistemas de encendido y suministro de combustible. De la misma forma ayuda a localizar cableado y componentes defectuosos. (BOSCH, n.d.)

**Tabla 2.3** Especificaciones del Multímetro BOSCH FIX 7677

<b>Especificaciones</b>	<b>Valores</b>
Voltios CC	200 mV - 1000 mV
Voltios CA	2 V - 750 V
Amperios CC	200 mA - 10 A
OHMIOS	200Ω - 20MΩ
Permanencia	4,6,8 cilindros
Peso	1,30 libras

Fuente: (BOSCH)

#### ***2.1.4 Motor 2ZR-FXE del vehículo Toyota Prius de tercera generación***

Para realizar el análisis del sistema integral se tomó en consideración el motor de combustión interna del vehículo Toyota Prius 2010 de tercera generación el cual cumple con las siguientes especificaciones:

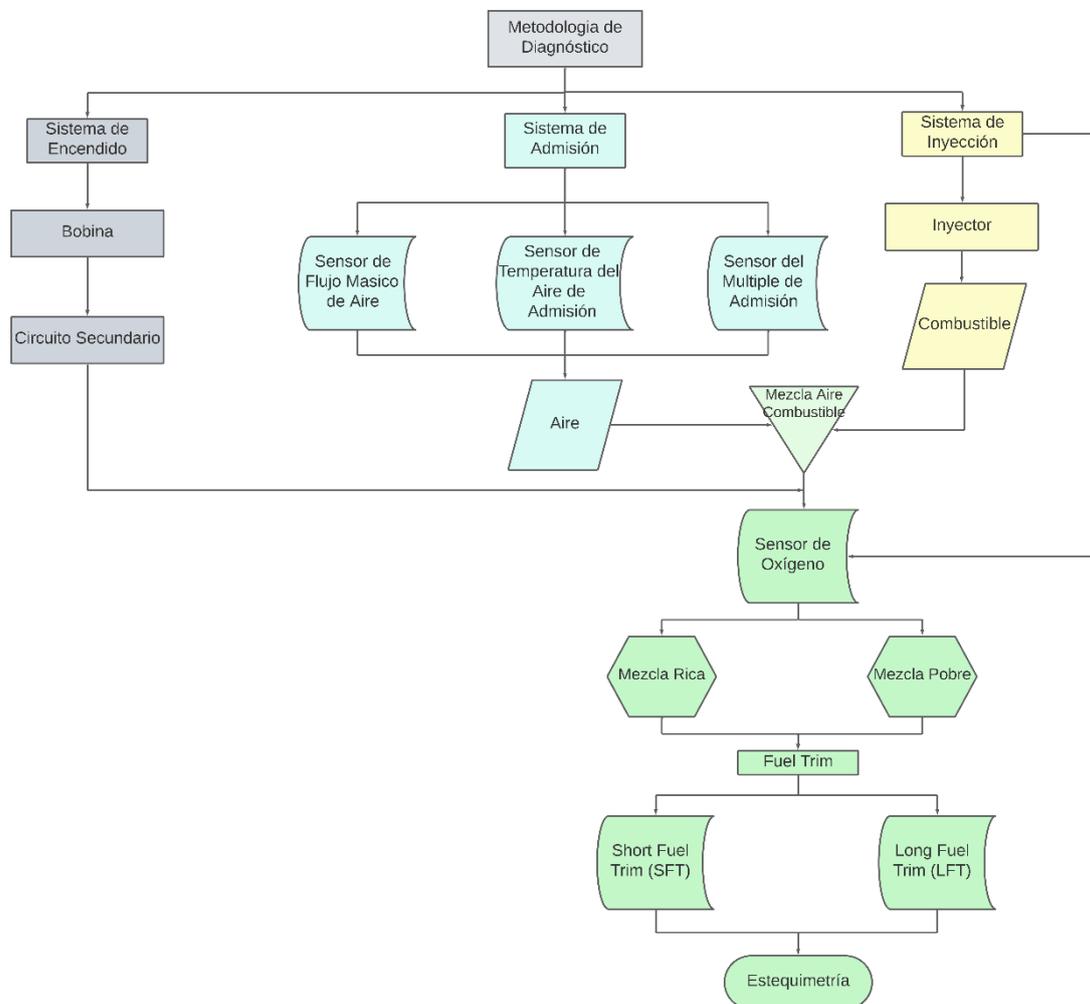
**Tabla 2.4** Especificaciones técnicas del Toyota Prius generación 3

<b>Especificaciones</b>	<b>Valores</b>
Tipo de motor	2ZR-FXE
Motor de combustión	Gasolina
Numero de cilindros	4 (Ciclo Atkinson)
Mecanismo de válvulas:	16 válvulas, DOHC con VVT-i
Cilindrada	1800 cm <sup>3</sup>
Diámetro y carrera pistones	80,5mm x 88,3mm
Relación de compresión	13 a 1
Potencia máxima	99 CV / 73 kW
Revoluciones potencia máxima	5200 rpm
Torque máximo	142 Nm
Revoluciones par máximo	4.000 rpm

**Fuente:** (Km77, 2012)

## 2.2 METODOLOGÍA

Para realizar el diagnóstico de los componentes que conforman el sistema integral se llevó a cabo un estudio detallado de los diferentes parámetros y señales que deben ser evaluados para verificar la estequiometría en los sistemas de admisión, inyección y encendido. Se exploró los diferentes modos de funcionamiento del osciloscopio y del escáner, así como las técnicas de interpretación de datos para identificar posibles desviaciones de los valores ideales de la estequiometría. Además, se presentó casos de estudio y ejemplos prácticos para ilustrar la aplicación de estas herramientas en el diagnóstico preciso y efectivo de problemas relacionados con la estequiometría.



**Figura 2.1** Flujograma de la metodología de diagnóstico

### 2.2.1 *Introducción al manejo del equipo*

Para una correcta obtención de información de los diferentes componentes que dispone el sistema integral del motor 2ZR-FXE es necesario comprender el funcionamiento de los distintos equipos de diagnóstico que participan en el proceso de análisis.

En este caso se utiliza el osciloscopio automotriz con el cual se obtiene los diferentes oscilogramas que identifican el comportamiento de los distintos sensores del sistema integral, así como también se utiliza un escáner automotriz para verificar los valores en tiempo real que están siendo leídos por la unidad de control ECM, de la misma forma se usa un multímetro automotriz para corroborar los valores obtenidos por el osciloscopio automotriz.

### 2.2.2 *Procedimiento de conexión del osciloscopio G-scope2*

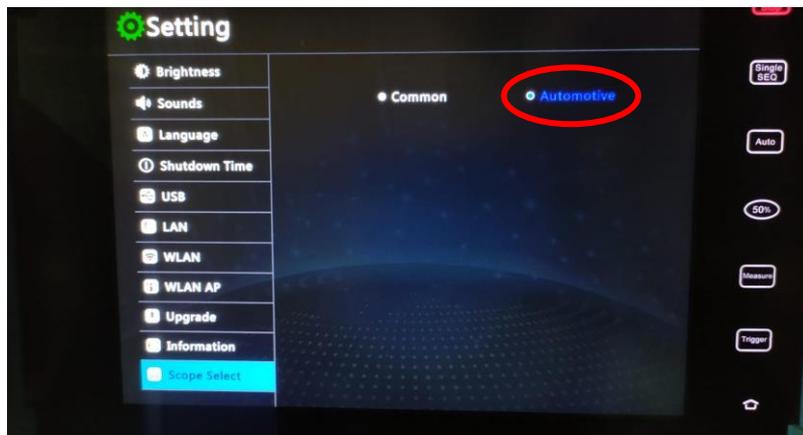
Para obtener los oscilogramas de los sensores y actuadores del sistema integral del motor 2ZR-FXE se utiliza el osciloscopio G-SCOPE 2.

Antes de comenzar a trabajar, es necesario configurar el equipo de la manera correcta para poder tener un diagnóstico eficaz.



**Figura 2.3** Pantalla de inicio G Scope 2

En las configuraciones se debe seleccionar al apartado de “Scope Select” y elegir la opción “Automotive”.



**Figura 2.4** Configuraciones osciloscopio

Una vez configurado correctamente el osciloscopio se procede a realizar la conexión con el sensor o actuador correspondiente al diagnóstico. Para este procedimiento es necesario usar un canal o sonda el cual permite la conexión directa entre el osciloscopio y el componente a ser diagnosticado.



**Figura 2.5** Canales osciloscopio G Scope 2

### 2.2.3 Procedimiento de conexión del escáner G-Scan 2

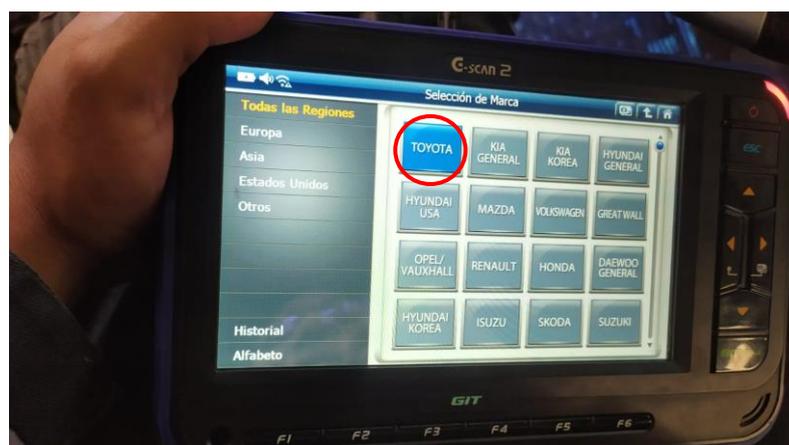
Para la realización de la toma de datos en tiempo real del motor 2ZR-FXE se utiliza un escáner automotriz G-Scan 2 que permite analizar los valores de los distintos sensores y actuadores que conforman el sistema integral del motor.

Para este procedimiento se conecta por medio de OBD 2 el escáner al vehículo y se procede a la configuración del respectivo equipo.



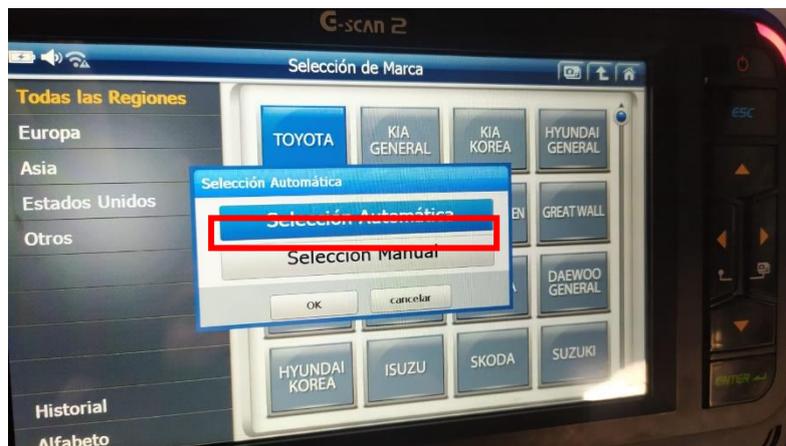
**Figura 2.6** Pantalla de inicio del Escáner G-Scan 2

El G-Scan 2 es un escáner automotriz multimarca, por lo tanto, para el análisis de este estudio se procede a configurar el dispositivo con la marca Toyota.



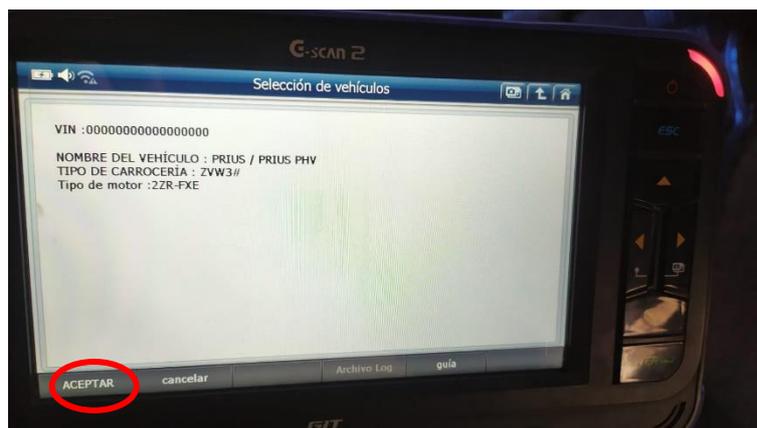
**Figura 2.7** Selección de la marca del vehículo.

Existen dos maneras de ingresar a los valores en tiempo real del vehículo, por selección automática, el escáner se encarga por si solo de verificar la información del vehículo o por selección manual se deberá ingresar por medio del código VIN que posea el vehículo.



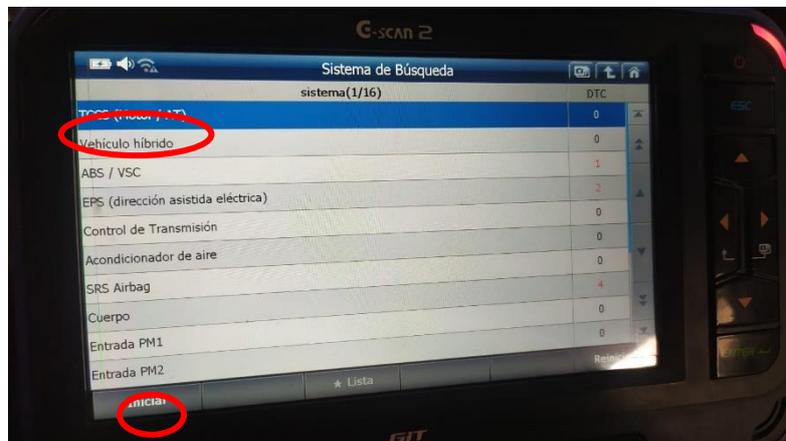
**Figura 2.8** Modo de ingreso al vehículo

Una vez el escáner valide la información del vehículo, se debe verificar si es la correcta y aceptar en el caso que concuerde dicha información.



**Figura 2.9** Verificación de información del vehículo

En el sistema de búsqueda se debe seleccionar el apartado del motor como se muestra en la siguiente imagen.



**Figura 2.10** Sistemas del Vehículo

Por último, se debe elegir la opción “análisis de datos” donde está la información completa de todos los sistemas que posee el motor.



**Figura 2.11** Análisis de datos en tiempo real

#### ***2.2.4 Configuración del vehículo en modo mantenimiento.***

Para realizar el análisis del sistema integral del motor 2ZR-FXE es necesario configurar el modo mantenimiento del vehículo, ya que es un procedimiento necesario que permite mantener el motor de combustión interna prendido y de esta manera se puede proseguir con la revisión, diagnóstico y análisis del mismo.

Procedimiento para configurar el vehículo híbrido en modo mantenimiento:

1. Para iniciar el procedimiento el vehículo debe estar en parking.
2. Presionar 2 veces el botón START sin presionar el freno o el acelerador.
3. Seguidamente presionar 2 veces el acelerador.
4. Presionar el freno y colocar la palanca en NEUTRO.
5. Pisar 2 veces el acelerador y colocar en PARKING.
6. Nuevamente pisar 2 veces el acelerador y se mostrará en el panel de instrumentos el mensaje “MODO MANTENIMIENTO”
7. Por último, pisar el freno y presionar el botón START, inmediatamente el motor se encenderá.

#### ***2.2.5 Diagnóstico Del Sistema Integral***

Para el análisis estequiométrico del sistema integral del Motor 2ZR-FXE se toma en consideración los principales sensores y actuadores que forman parte del sistema de admisión, inyección y encendido.

Las condiciones en las que fueron obtenidos los valores de los diferentes sistemas son las siguientes:

**Tabla 2.5** Condiciones de estudio

<b>Condiciones</b>	<b>Especificaciones</b>
Ubicación del vehículo	Ciudad de Ibarra
MSNM	2225 aproximadamente
Presión atmosférica	78 kPa
Temperatura	21 °C

### **2.2.5.1 SISTEMA DE ADMISIÓN**

Los principales sensores del sistema de admisión del motor 2ZR-FXE son:

- Sensor de presión del múltiple de admisión-MAP
- Sensor de flujo masico de aire-MAF
- Sensor de temperatura del aire-IAT

### **2.2.5.2 Medición de los valores del sensor de presión del múltiple de admisión (MAP)**

Para realizar un análisis completo del sensor MAP es necesario utilizar un osciloscopio, multímetro y escáner automotriz.

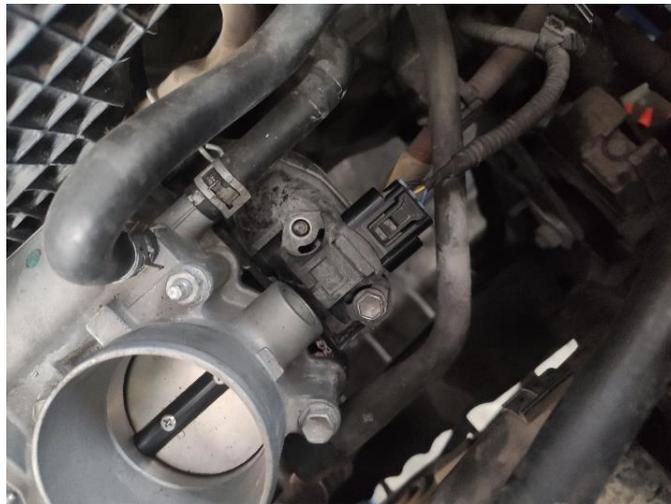
El procedimiento para obtener los datos del sensor MAP es el siguiente:

- Debido a la ubicación del sensor MAP se procede a sacar el depurador para acceder al cuerpo de aceleración donde se encuentra ubicado el sensor.



**Figura 2.12** Desarme del depurador

- Se procede a reconocer la ubicación del sensor y su respectivo cableado.



**Figura 2.13** Ubicación y cableado del sensor MAP

### **2.2.5.3 Procedimiento de medición del sensor MAP usando el multímetro.**

Para la obtención de los valores de voltaje que brinda el sensor MAP se procede de la siguiente manera:

- Para reconocer la funcionalidad de cada cable del socket es necesario que el vehículo se encuentre en contacto.

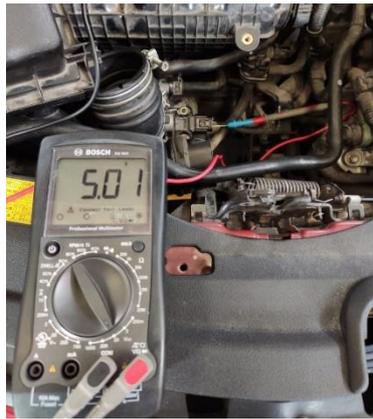
- Conectar la sonda positiva a cada uno de los pines del socket del sensor y la sonda negativa a una masa.
- Configurar el multímetro en la escala de voltaje (20 V).



**Figura 2.14** Voltaje de señal del sensor MAP en CONTACTO



**Figura 2.15** Voltaje de masa del sensor MAP en CONTACTO



**Figura 2.16** Voltaje de referencia del sensor MAP en CONTACTO

- Para identificar los valores de voltaje del sensor MAP en arranque, ralentí y acelerado es necesario que el vehículo se encuentre en modo mantenimiento siguiendo los pasos especificados en la sección 2.2.4



**Figura 2.17** Voltaje mínimo de señal del sensor MAP en ARRANQUE a 20°C

La **Figura 2.17** representa el valor de voltaje mínimo de la señal del sensor MAP cuando se da el arranque y además la presión del colector tendrá que variar hasta llegar al ralentí del motor. Esta caída de voltaje representa una apertura de la mariposa en el cuerpo de aceleración permitiendo el ingreso de aire y generando una menor presión en el colector.



**Figura 2.18** Voltaje de señal del sensor MAP en ralentí a 95°C.

La **Figura 2.18** indica el valor de señal del sensor MAP cuando el motor se encuentra en ralentí aproximado a 1000 rpm con una presión en el colector de 7 inHg y en Closed Loop a 95°C.

**Tabla 2.6** Descripción de los cables pertenecientes al socket del sensor MAP

Cables	Colores	CONTACTO (V)	ARRANQUE (V)	Ralentí (V)	Significado
1	Negro	2.97 V	1.79 V	1.35 V	Señal
2	Amarillo	0.0 V	0.0 V	0.0 V	Masa
3	Celeste	5.01 V	5.01 V	5.01 V	Voltaje de referencia

#### 2.2.5.4 Procedimiento de medición del sensor MAP usando el Osciloscopio G-Scope 2

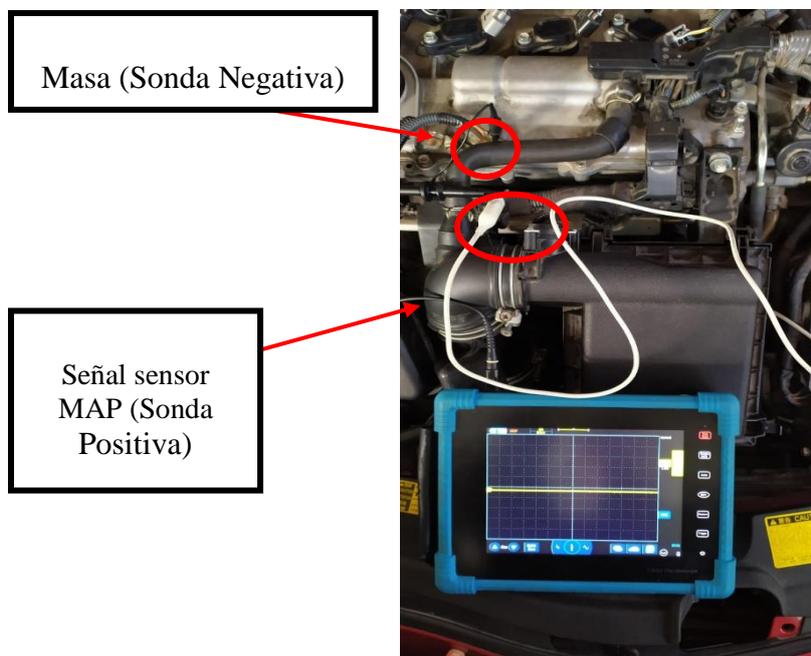
Para la obtención de los oscilogramas que brinda el sensor MAP se procede de la siguiente manera:

- Se utiliza un solo canal para recibir la señal. La sonda del canal positivo va en el cable de señal perteneciente al socket del sensor y la sonda negativa a masa. El procedimiento para la interacción y configuración entre el equipo de diagnóstico y el sensor esta detallado en la sección 2.2.2

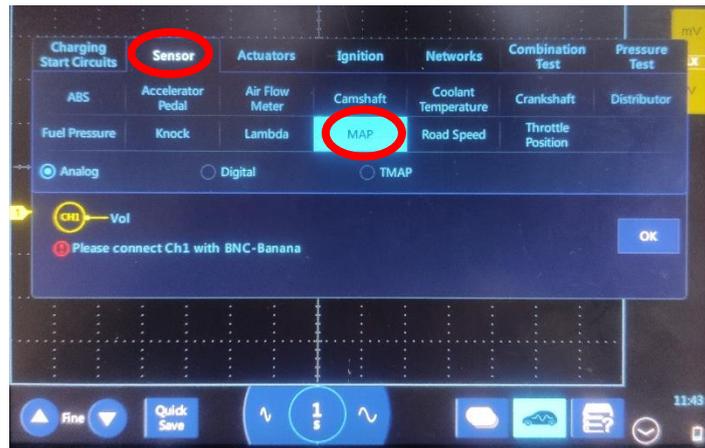


**Figura 2.19** Conexión sonda positiva

La **Figura 2.19** representa la conexión de la sonda positiva en el cable de color negro perteneciente a la señal del sensor MAP, como se observa en la figura con ayuda de un lagarto o cable extra se realiza una extensión para el osciloscopio debido a la posición en que se encuentra el sensor MAP.

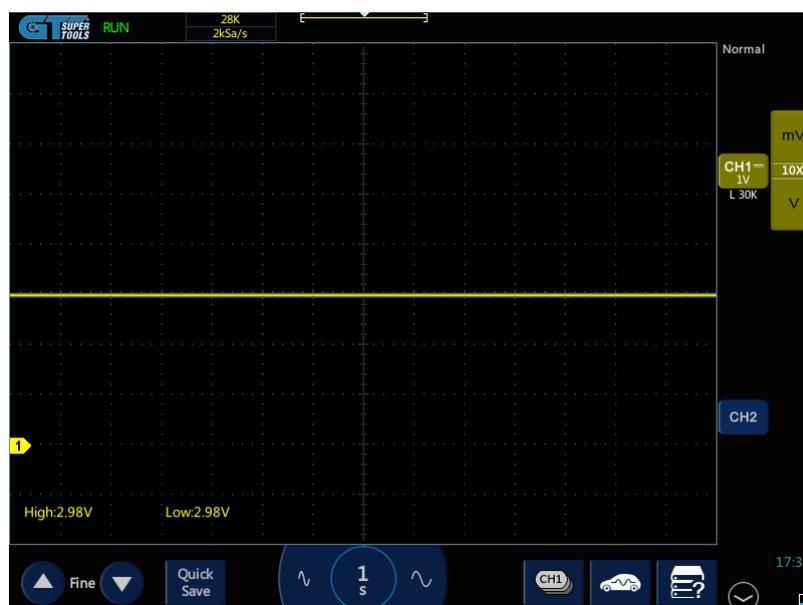


**Figura 2.20** Conexión osciloscopio automotriz al sensor MAP



**Figura 2.21** Configuración equipo osciloscopio sensor MAP

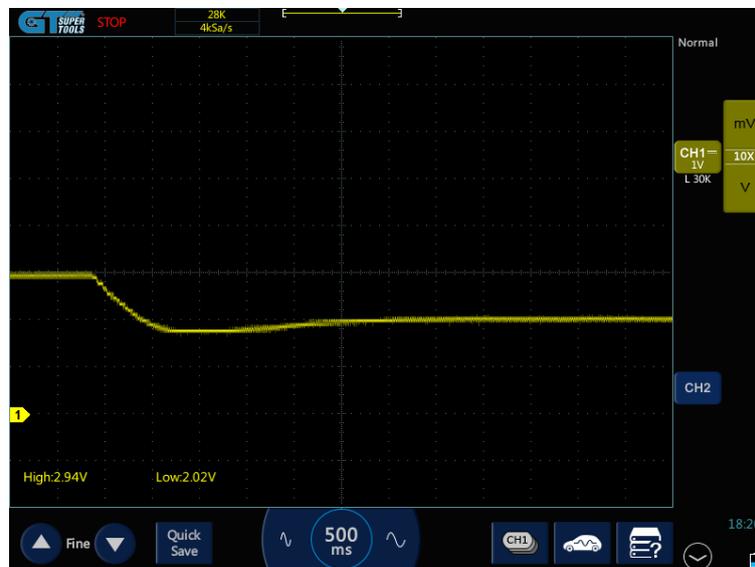
- Posteriormente se procede a obtener las gráficas en las distintas condiciones de estudio. Recordar que el vehículo debe estar en modo mantenimiento para obtener las señales de arranque, ralentí y acelerado. El procedimiento para configurar el vehículo modo mantenimiento se encuentra en la sección 2.2.4



**Figura 2.22** Oscilograma del sensor MAP en CONTACTO a 20°C

La **Figura 2.22** indica el voltaje de señal en contacto, se observa una línea constante y recta debido a que el sensor en esta condición actúa como un barómetro midiendo la presión

atmosférica del exterior, además no se está aplicando ninguna carga al motor y la mariposa del cuerpo de aceleración está cerrada manteniendo un vacío en el múltiple de admisión.



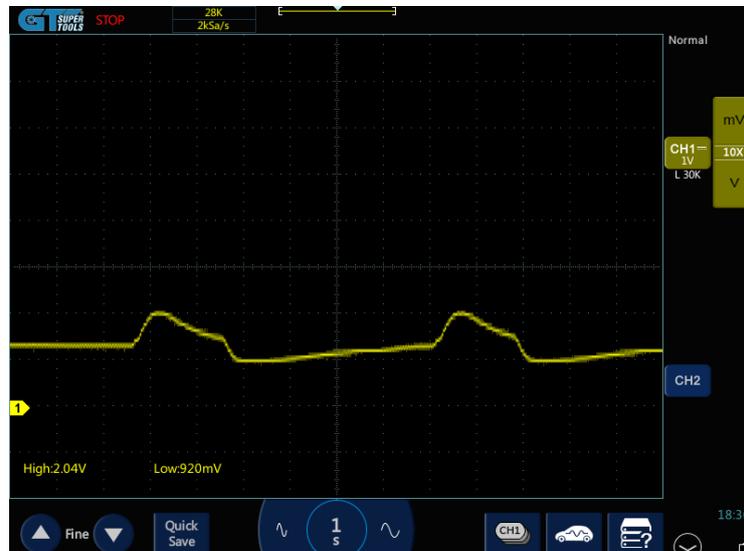
**Figura 2.23** Oscilograma del sensor MAP en ARRANQUE a 20°C

La **Figura 2.23** muestra el oscilograma del sensor MAP cuando está en arranque a 20°C. Se observa que tiene una caída de voltaje la cual se debe a que hay una leve apertura de la mariposa en el cuerpo de aceleración permitiendo el ingreso de flujo de aire y reduciendo la presión en el colector.



**Figura 2.24** Oscilograma del sensor MAP en RALENTÍ a 95°C

La **Figura 2.24** muestra el oscilograma referente a la señal del sensor MAP cuando está en ralentí, por tal motivo se obtiene una línea constante donde el valor máximo es de 1,34 V a un régimen de revoluciones de 1000 rpm.



**Figura 2.25** Oscilograma sensor MAP con aceleración

La **Figura 2.25** muestra el funcionamiento del sensor MAP cuando el vehículo es sometido a una aceleración. Los valores varían dependiendo de la carga a la que es expuesto el auto, es decir la posición y el tiempo de abertura de la mariposa.

#### 2.2.5.5 Procedimiento de medición del sensor MAP usando el Scanner G-Scan 2

Para la lectura de los datos en tiempo real y conocer las condiciones de operación a las que se encuentra el sensor MAP se utiliza el escáner automatizado. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Conectar el Scanner al puerto OBD2.
- Seguir los pasos especificados en la sección 2.2.3 para una conexión correcta con la unidad de control ECM.
- Seleccionar los siguientes parámetros para la lectura de datos del sensor MAP:

- ❖ Valor de carga del motor

- ❖ Valor absoluto de carga
- ❖ Presión del colector
- ❖ Presión atmosférica
- ❖ Temperatura del refrigerante del motor
- ❖ RPM del motor

The screenshot shows a software interface titled 'Análisis de Datos(Seleccionar elemento)'. It displays a table with the following data:

Artículo(1/7)	Valor	Unidad
Valor carga del motor	0.0	%
Valor absoluto carga	0.00	%
Presión del colector	23	inHg
Presión Atmosférica	30	inHg
Temperatura del refrigerante del motor	19	°C
RPM del motor	0	rpm
Tiempo transcurrido después arranque del motor	0	s

At the bottom of the interface, there are several tabs: 'Función', 'Normal', 'Gráfico', 'Registro', and 'Todos los Artículo'.

**Figura 2.26** Datos del sensor MAP con el Escáner Automotriz.

En la **Figura 2.26** se observan los parámetros necesarios para una lectura eficaz de los valores del sensor MAP en tiempo real.

**Tabla 2.7** Valores del sensor MAP obtenidos con el escáner automotriz

Datos escáner automotriz sensor MAP	
Presión del colector	23 inHg
Presión atmosférica	30 inHg
Temperatura del motor	19° C
RPM del motor	0 (KOEO)

### 2.2.5.6 Medición de los valores del sensor de flujo masico de aire (MAF) y sensor de temperatura del aire de admisión (IAT).

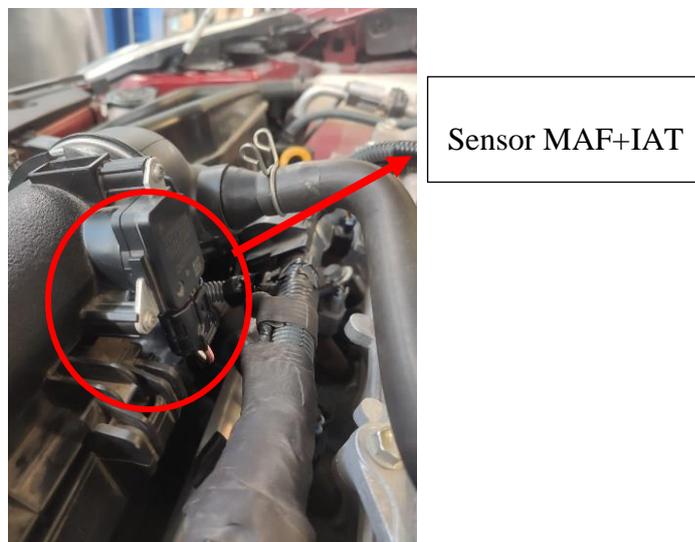
El sensor MAF es el encargado de medir la cantidad de aire que ingresa al múltiple de admisión mientras que el sensor IAT es el encargado de medir la temperatura del aire. Estos dos sensores se encuentran unidos compartiendo el mismo socket.

Para obtener los datos del sensor MAF se utiliza el multímetro, el osciloscopio automotriz y el scanner automotriz.

Para obtener los datos del sensor IAT se utiliza únicamente el multímetro automotriz para medir su resistencia y ver la variación que tiene durante el proceso de pasar de Open Loop a Closed Loop.

El procedimiento para realizar la toma de datos del sensor MAF es el siguiente:

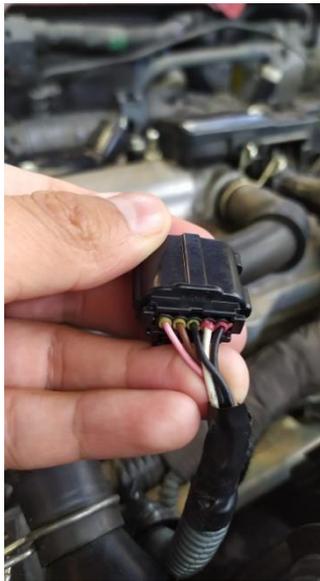
- Determinar la ubicación del sensor MAF-IAT.



**Figura 2.27** Ubicación del Sensor MAF+IAT

En la **Figura 2.27** se observa el sensor conectado y ubicado en la parte superior del Depurador.

- Identificar la cantidad de cables y la función de cada uno de ellos.



**Figura 2.28** Cableado del sensor MAF e IAT

En la **Figura 2.28** se observa el socket desconectado. Este socket posee 5 cables de los cuales tres de ellos son pertenecientes al sensor MAF y los dos restantes pertenecen al sensor IAT.

#### **2.2.5.7 Procedimiento de medición de los sensores MAF+IAT usando el multímetro.**

Para la obtención y reconocimiento de los valores de voltaje de los sensores MAF+IAT se procede de la siguiente manera:

- Colocar el vehículo en CONTACTO.
- Conectar la sonda positiva en cada uno de los pines del socket y la sonda negativa en masa.
- Configurar el multímetro en la escala de voltaje (20V)



**Figura 2.29** Voltaje de señal del sensor IAT en contacto a 20°C



**Figura 2.30** Voltaje de masa del sensor IAT en contacto



**Figura 2.31** Voltaje de referencia del sensor MAF en contacto



**Figura 2.32** Voltaje de masa del sensor MAF en contacto

En la **Figura 2.32** muestra el voltaje de masa que pertenece al sensor MAF justificando que este tipo de sensor no posee masa compartida si no en su lugar es independiente.



**Figura 2.33** Voltaje de señal del sensor MAF contacto a 20°C

En la **Figura 2.33** representa el voltaje de señal perteneciente del sensor MAF con el cual se realiza la obtención de datos con el osciloscopio automotriz.

**Tabla 2.8** Descripción de los cables pertenecientes al socket del sensor MAF e IAT (KOEO)

Cables	Colores	KOEO (V)	Significado
1	Rosado	2.30 V	Señal sensor IAT
2	Marrón	0.02 V	Masa
3	Negro	11.69 V	Voltaje de referencia
4	Blanco	0.03 V	Masa
5	Negro	0.79 V	Señal sensor MAF

- Para identificar los valores de voltaje del sensor MAF en arranque, ralentí y acelerado es necesario que el vehículo se encuentre en modo mantenimiento siguiendo los pasos especificados en la sección 2.2.1.3.

**Figura 2.34** Voltaje máximo en arranque sensor MAF

La **Figura 2.34** indica el voltaje máximo cuando se realiza el arranque y existe un flujo de aire por ende el voltaje tiende a subir.



**Figura 2.35** Voltaje de señal en ralentí sensor MAF

La **Figura 2.35** representa el valor de voltaje obtenido cuando el motor se encuentra en ralentí es decir en marcha mínima con un flujo de aire constante.

**Tabla 2.9** Descripción de los cables del socket del sensor MAF en arranque y ralentí.

Cables	Colores	Arranque (V)	Ralentí (V)	Significado
3	Negro	12 V	12 V	Voltaje de referencia
4	Blanco	0.03 V	0.03 V	Masa
5	Negro	1.94 V	1.50 V	Señal sensor MAF

Para realizar un análisis más profundo del sensor IAT es necesario medir su resistencia, ya que su funcionamiento se basa en la temperatura del aire que ingresa.

Para esto es necesario seguir los siguientes pasos:

- Desconectar el sensor y conectar los cables del multímetro en los pines de señal y masa

correspondientes al socket del sensor IAT, es decir cable rosado y marrón respectivamente.

- Configurar el multímetro en escala de ohmios ( $20k\Omega$ )



**Figura 2.36** Resistencia del Sensor IAT a 20°C



**Figura 2.37** Resistencia del sensor IAT a 55°C

**Tabla 2.10** Rango de resistencia del sensor IAT

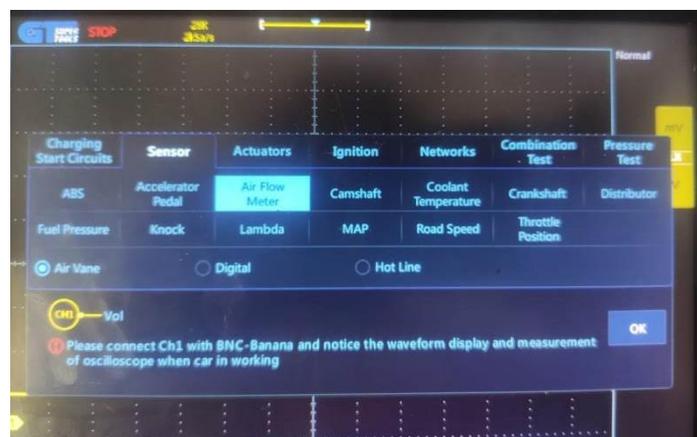
Temperatura del aire	Resistencia
26°C	2.18 K $\Omega$
55°C	0.66 K $\Omega$

### 2.2.5.8 Procedimiento de medición del sensor MAF usando el Osciloscopio G-Scope 2

En este apartado se realizan las mediciones únicamente para el sensor MAF provenientes del pin de señal del cable negro del socket.

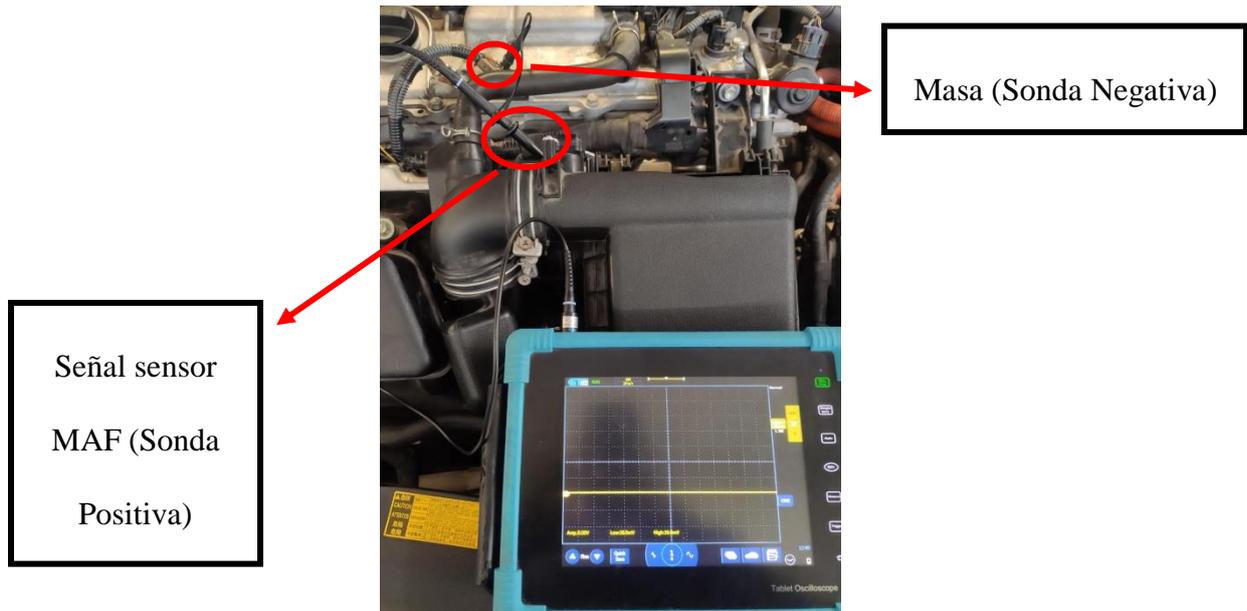
Para la obtención de los oscilogramas de los sensores MAF se procede de la siguiente manera:

- Se utiliza un solo canal para recibir la señal del sensor. La sonda del canal positivo va en el cable de señal perteneciente al socket y la sonda negativa a masa. El procedimiento para la interacción y configuración entre el equipo de diagnóstico y el sensor esta detallado en la sección 2.2.2



**Figura 2.38** Configuración del osciloscopio para medición del sensor MAF

Como se muestra en la **Figura 2.38** se realiza la configuración del Osciloscopio automatiz seleccionando el tipo de sensor MAF y de esta manera el equipo de diagnóstico automáticamente configura los parámetros necesarios para el análisis.



**Figura 2.39** Conexión del sensor MAF al osciloscopio automotriz

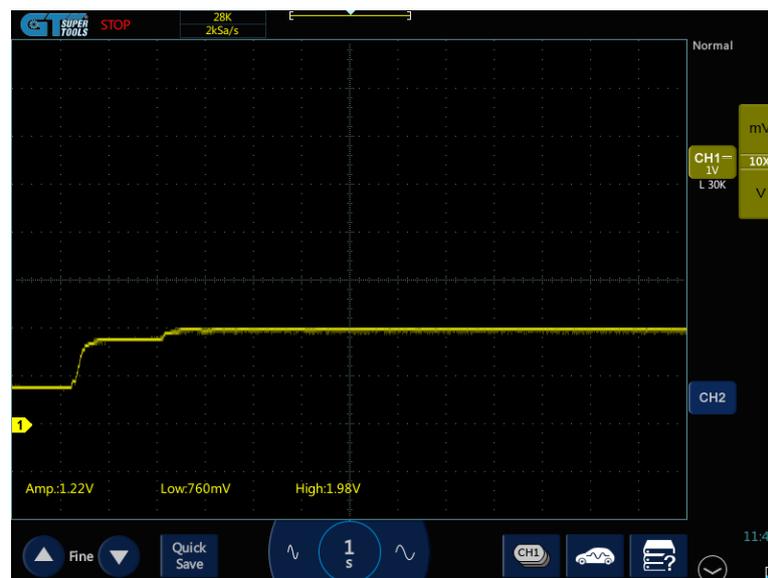
Para conectar el osciloscopio al sensor MAF se utiliza una aguja que permita un mejor enganche a la señal del sensor como se observa en la **Figura 2.39**, posteriormente se conecta la sonda positiva del canal del osciloscopio a la aguja y la sonda negativa a masa.

- A continuación, se procede a obtener las gráficas en las distintas condiciones de estudio. Se debe recordar que el vehículo debe estar en modo mantenimiento para obtener las señales en contacto, arranque, ralentí y acelerado. El procedimiento para configurar el vehículo modo mantenimiento se encuentra en la sección 2.2.4



**Figura 2.40** Sensor MAF voltaje de señal en contacto

La **Figura 2.40** indica un voltaje de 680mV obtenido por el osciloscopio automotriz cuando el vehículo se encuentra en contacto y estacionario. Se tiene una línea constante debido a que no existe ninguna carga y el valor obtenido en ese instante es el flujo de aire que se encuentra en los conductos del sistema de admisión.



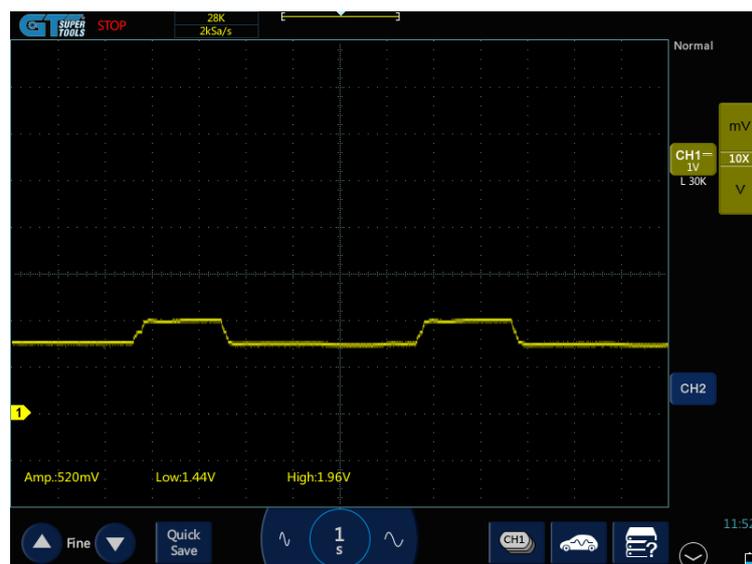
**Figura 2.41** Oscilograma sensor MAF arranque

La **Figura 2.41** muestra el oscilograma cuando sucede el arranque en el vehículo. Se observa que hay un incremento en el voltaje de señal debido a que existe un mayor flujo de aire en el sistema de admisión.



**Figura 2.42** Oscilograma sensor MAF en ralentí

La **Figura 2.42** representa el oscilograma cuando el motor se encuentra en ralentí es decir que el flujo de aire que entra en el sistema de admisión es constante por ende se observa una línea continua.



**Figura 2.43** Oscilograma sensor MAF aplicando carga

La **Figura 2.43** indica el comportamiento del sensor MAF cuando se realiza una aceleración, se observa el cambio de forma de onda del oscilograma debido a la carga suministrada. Como

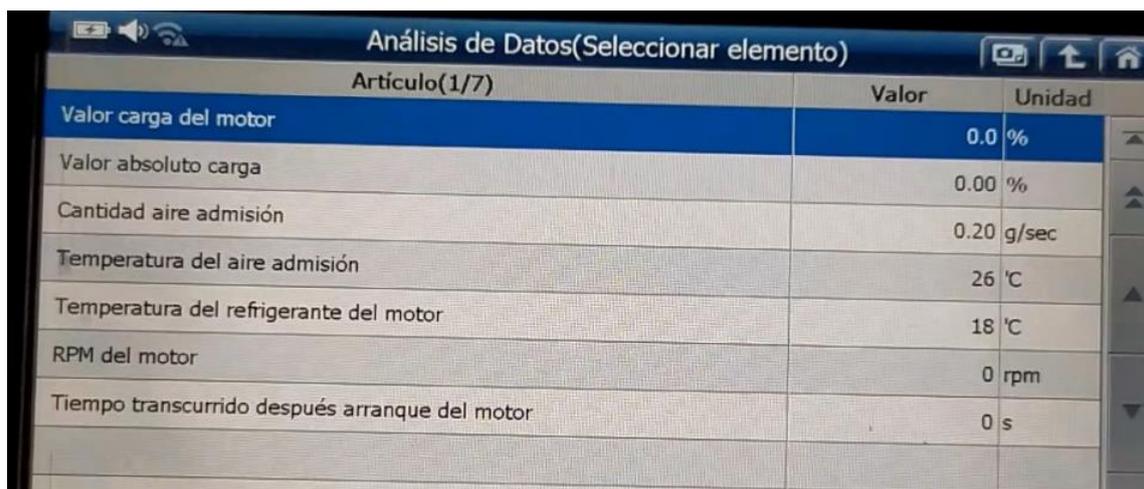
consecuencia existe un cambio en el flujo de aire en el sistema de admisión provocando una variación de voltaje.

### **2.2.5.9 Procedimiento de medición de los sensores MAF+IAT usando el Scanner G-Scan 2**

Para realizar un análisis del comportamiento de los sensores MAF+IAT en tiempo real es necesario utilizar un escáner automotriz.

El procedimiento para la obtención de los datos es el siguiente:

- Conectar el Scanner al puerto OBD2.
- Seguir los pasos especificados en la sección 2.2.3 para una conexión correcta con la unidad de control ECM.
- Seleccionar los siguientes parámetros para la lectura de datos del sensor MAF+IAT:
  - ❖ Valor de carga del motor.
  - ❖ Valor absoluto carga.
  - ❖ Cantidad aire admisión.
  - ❖ Temperatura del aire admisión.
  - ❖ Temperatura del refrigerante del motor.
  - ❖ RPM del motor



Artículo(1/7)	Valor	Unidad
Valor carga del motor	0.0	%
Valor absoluto carga	0.00	%
Cantidad aire admisión	0.20	g/sec
Temperatura del aire admisión	26	°C
Temperatura del refrigerante del motor	18	°C
RPM del motor	0	rpm
Tiempo transcurrido después arranque del motor	0	s

**Figura 2.44** Datos de los sensores MAF+IAT con el Escáner Automotriz.

En la **Figura 2.44** se observan los parámetros necesarios para una lectura eficaz de los valores del sensor MAF en tiempo real.

**Tabla 2.11** Valores obtenidos con el escáner automotriz del sensor MAF+IAT en contacto

Datos escáner automotriz sensores MAF+IAT	
Cantidad aire admisión	0,20 g/sec
Temperatura del aire admisión	26°C
Temperatura del motor	18°C
RPM del motor	0 (KOEO)

### 2.2.5.10 SISTEMA DE INYECCIÓN

Para el diagnóstico del sistema de inyección se realiza pruebas de funcionamiento a los actuadores los cuales influyen directamente en la entrega de combustible y para justificar una relación estequiométrica ideal lo refleja en los valores obtenidos por el sensor de oxígeno al cual únicamente se le realiza un análisis con escáner debido a que este sensor es de banda ancha.

El principal sensor y actuador que se analiza en este sistema, son los siguientes:

- Sensor de Oxígeno O<sub>2</sub>
- Inyectores

#### 2.2.5.11 Medición de los valores del inyector.

Para conseguir un análisis completo de los inyectores es necesario utilizar un osciloscopio, multímetro y escáner automotriz.

El primer paso para obtener los valores de los inyectores es determinar su ubicación en el motor.



**Figura 2.45** Ubicación inyectores motor 2ZR-FXE

La **Figura 2.45** muestra la posición de los inyectores los cuales se encuentran cerca de la tapa válvulas con frente al depurador del sistema de admisión. Este motor posee 4 cilindros con 1 inyector para cada uno y como se especifica en la figura el cuarto inyector se encuentra debajo del cableado.

### 2.2.5.12 Procedimiento de medición del inyector usando el multímetro.

Para obtener los valores de resistencia del inyector se procede de la siguiente manera:

- Desconectar el socket del inyector.
- Conectar la sonda positiva y negativa del multímetro en los terminales del inyector.
- Configurar la escala del multímetro en  $200\ \Omega$ .



**Figura 2.46** Medición resistencia inyectores



**Figura 2.47** Resistencia inyectores con el multímetro

La **Figura 2.46** muestra la conexión de las sondas del multímetro con los terminales del inyector, se debe tomar en cuenta que como no hay polaridad no es necesario realizar una conexión respectiva, es decir, las sondas pueden ir en cualquier orden de conexión. Mientras

que en la **Figura 2.47** se muestra la resistencia que presentan cada uno de los inyectores. Tienen una resistencia alta debido a que son inyectores de alta impedancia.

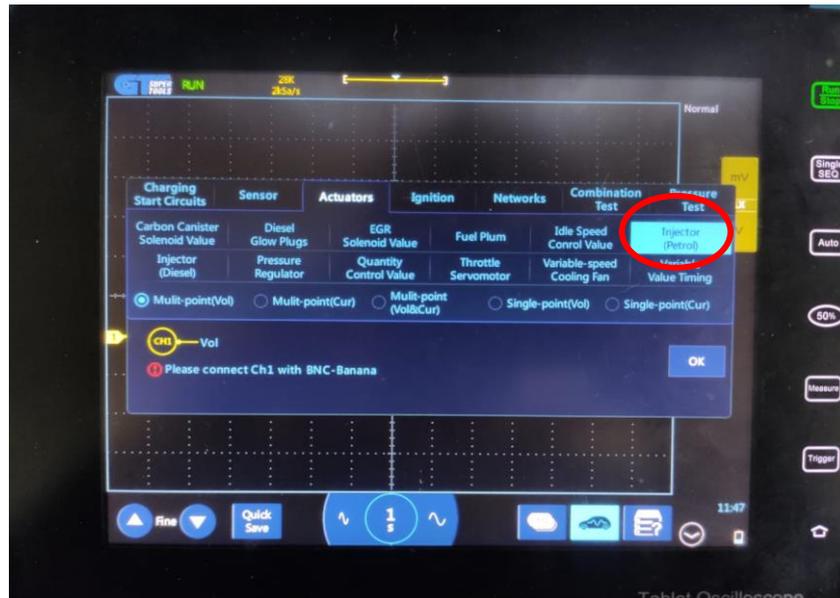
**Tabla 2.12** Resistencia de inyectores

<b>Resistencia Inyectores</b>	
<b>Cilindro N ° 1</b>	<b>12 <math>\Omega</math></b>
<b>Cilindro N ° 2</b>	<b>12.1 <math>\Omega</math></b>
<b>Cilindro N ° 3</b>	<b>12 <math>\Omega</math></b>
<b>Cilindro N ° 4</b>	<b>12.2 <math>\Omega</math></b>

### **2.2.5.13 Procedimiento de medición del inyector usando el Osciloscopio G-Scope 2**

Para obtener los oscilogramas de los inyectores y analizar su correcto funcionamiento se procede a seguir los siguientes pasos:

- Realizar la conexión de las sondas del osciloscopio. La sonda positiva se debe conectar al pin referente a la masa controlada por la ECM, es decir, al cable amarillo. Y la sonda negativa del osciloscopio conectar a una masa externa.
- Configurar el osciloscopio en modo “automotive” como se indica en la sección 2.2.2
- Configurar el osciloscopio de acuerdo al actuador que vaya a ser analizado, en este caso el actuador a ser analizado es el inyector.



**Figura 2.48** Configuración osciloscopio automotriz inyector

La **Figura 2.48** muestra una de las características del equipo de diagnóstico que permite seleccionar el tipo de actuador con la finalidad de que el equipo se configure automáticamente para tener una mejor visibilidad del oscilograma en la escala adecuada.



**Figura 2.49** Conexión señal inyector

En la **Figura 2.49** muestra la conexión del osciloscopio automotriz y del inyector, en un canal la sonda positiva va sujeta al pin de masa controlada por la ECM y la sonda negativa va a masa.

- A continuación, se procede a obtener las gráficas en las distintas condiciones de estudio. Recordar que el vehículo debe estar en modo mantenimiento para obtener las señales de arranque, ralentí y acelerado. El procedimiento para configurar el vehículo modo mantenimiento se encuentra en la sección 2.2.4



**Figura 2.50** Oscilograma inyector

En la **Figura 2.50** muestra el oscilograma del inyector N °2 obtenido por el osciloscopio automotriz. El oscilograma representa para el eje X el ancho de pulso de inyección y el cierre del inyector, mientras que en el eje Y se tiene el pico de voltaje del inyector.

#### **2.2.5.14 Procedimiento de medición del inyector y sensor de oxígeno usando el Scanner**

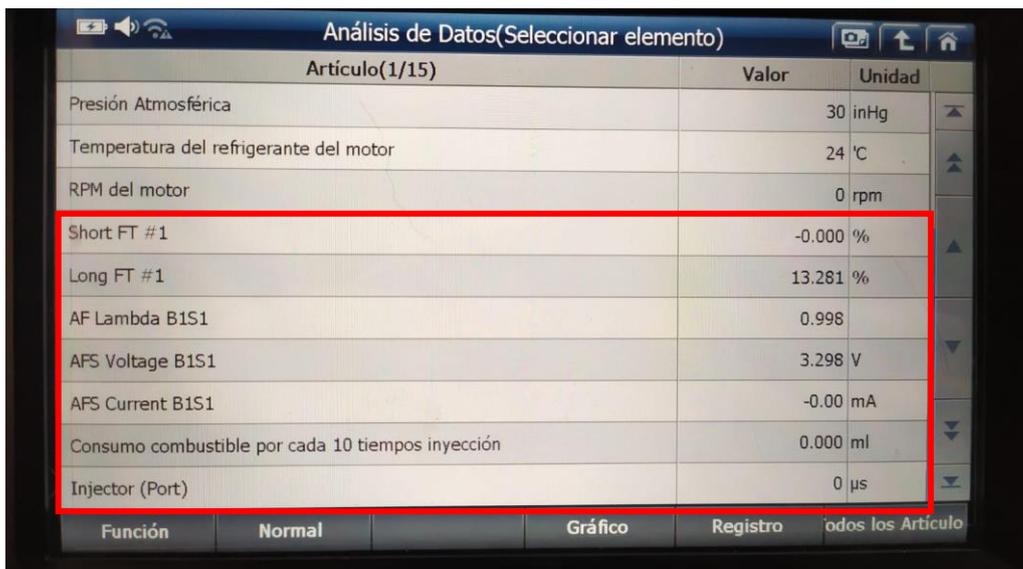
##### **G-Scan 2**

Para obtener los datos en tiempo real del inyector y las diferentes correcciones que realiza el sensor de oxígeno a las diferentes condiciones a las que se encuentra el vehículo, es necesario utilizar un Scanner automotriz.

El procedimiento para la obtención de los datos es el siguiente:

- Conectar el Scanner al puerto OBD2.

- Seguir los pasos especificados en la sección 2.2.3 para una conexión correcta con la unidad de control ECM.
- Seleccionar los siguientes parámetros para la lectura de datos del inyector y del sensor de oxígeno:
  - ❖ AF Lambda B1S1
  - ❖ AFS Voltage B1S1
  - ❖ AFS Current B1S1
  - ❖ Short FT #1
  - ❖ Long FT #1
  - ❖ Inyector (Port)



The screenshot shows a diagnostic tool interface titled "Análisis de Datos(Seleccionar elemento)". It displays a table of engine parameters. A red box highlights the following rows: Short FT #1, Long FT #1, AF Lambda B1S1, AFS Voltage B1S1, AFS Current B1S1, Consumo combustible por cada 10 tiempos inyección, and Inyector (Port). The table also includes rows for Presión Atmosférica, Temperatura del refrigerante del motor, and RPM del motor. At the bottom, there are tabs for "Función", "Normal", "Gráfico", "Registro", and "Todos los Artículo".

Artículo(1/15)	Valor	Unidad
Presión Atmosférica	30	inHg
Temperatura del refrigerante del motor	24	°C
RPM del motor	0	rpm
Short FT #1	-0.000	%
Long FT #1	13.281	%
AF Lambda B1S1	0.998	
AFS Voltage B1S1	3.298	V
AFS Current B1S1	-0.00	mA
Consumo combustible por cada 10 tiempos inyección	0.000	ml
Inyector (Port)	0	µs

**Figura 2.51** Datos del sensor de Oxígeno y del inyector.

La **Figura 2.51** muestra la selección de los parámetros necesarios para un análisis correcto de los valores en tiempo real del sensor de oxígeno y de los ajustes a corto y largo plazo. De la misma manera se puede observar el tiempo de inyección de los inyectores.

**Tabla 2.13** Parámetros del sensor de oxígeno

<b>Parámetros sensor de oxígeno</b>	
	Valores menores a 1 (0.000 a 0.999) = Rica
AF LAMBDA B1S1	Estequiometría aire-combustible=1
	Valores mayores a 1 (1.001 a 1.99) = Pobre
APS VOLTAGE B1S1	Valores de 2.6 a 3.8: ralentí, calentamiento del motor
APS CURRENT B1S1	Valores de -0.5 a 0.5 mA: ralentí, calentamiento del motor.

### **2.2.5.15 SISTEMA DE ENCENDIDO**

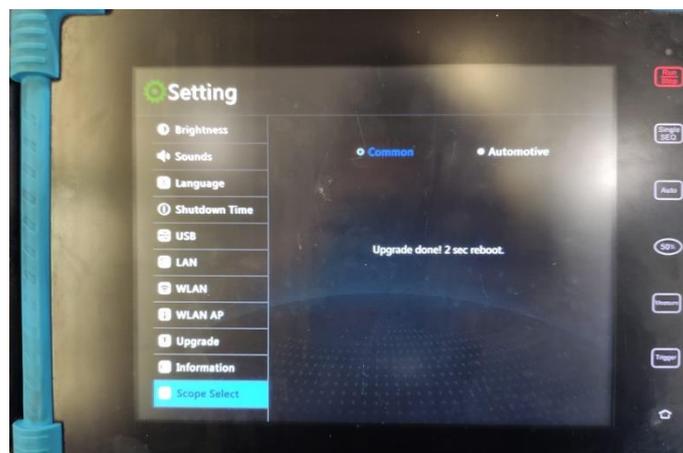
Para este sistema se realiza la recopilación de datos únicamente con el osciloscopio automotriz para obtener los oscilogramas del secundario de la bobina.

### **2.2.5.16 Procedimiento de medición de los datos del bobinado secundario del sistema de encendido con el Osciloscopio.**

El procedimiento para obtener las señales del sistema secundario es el siguiente:

- Realizar una inspección y determinar la ubicación de las bobinas en el motor, para posteriormente realizar su desmontaje.

- Se procede a extraer la bobina.
- Realizar la conexión entre la bobina y el osciloscopio. Para esto es necesario usar cables de bujías convencionales que sirve como puente entre la bobina y la bujía. Además, es necesario usar una pinza inductiva que va conectada al osciloscopio que permite captar la señal del sistema secundario.
- Configurar el osciloscopio automotriz para lograr captar la señal del secundario del bobinado.

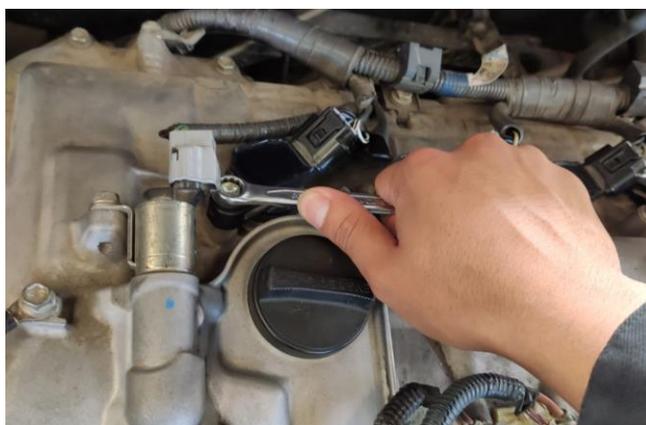


**Figura 2.52** Configuración del equipo para el bobinado del secundario.

La **Figura 2.52** indica la configuración del equipo de diagnóstico para lograr percibir la señal del bobinado del secundario. Para obtener el oscilograma es necesario configurar el osciloscopio en el modo común (common) a diferencia que para los otros casos únicamente se los realiza en el modo automotriz.



**Figura 2.53** Ubicación Bobinas



**Figura 2.54** Desmontaje Bobina

En la **Figura 2.54** se realiza el desmontaje de la bobina con ayuda de una llave 10, este proceso se lo realiza en cada de una de las bobinas del motor.



**Figura 2.55** Cables de conexión bobina-bujía

La **Figura 2.55** muestra los cables de conexión que se usan como puente entre la bobina y la bujía. Este procedimiento se lo realiza para tener acceso al análisis del secundario de la bobina.



**Figura 2.56** Pinza inductiva para circuito secundario

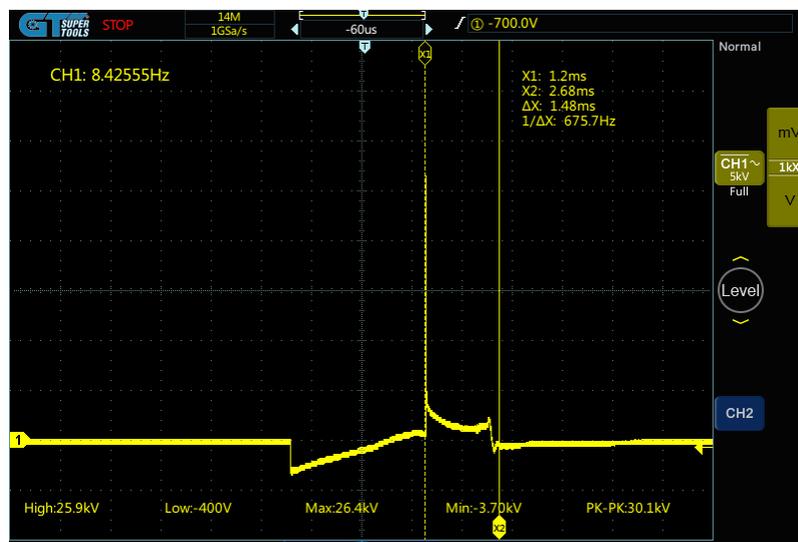
La **Figura 2.56** muestra la pinza inductiva que va conectado al osciloscopio para recibir la señal del secundario por medio de los cables mencionados en la **Figura 2.55**



**Figura 2.57** Pinza inductiva para circuito secundario

La **Figura 2.57** indica la conexión del osciloscopio automotriz con las bobinas para captar la señal del circuito secundario del sistema de encendido.

- A continuación, se procede a obtener las gráficas en las distintas condiciones de estudio. Recordar que el vehículo debe estar en modo mantenimiento para obtener las señales de ralentí y acelerado. El procedimiento para configurar el vehículo modo mantenimiento se encuentra en la sección 2.2.4



**Figura 2.58** Oscilograma del circuito secundario

## CAPÍTULO III

### 3 ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo se detallan los resultados obtenidos tras un diagnóstico del sistema integral del motor 2ZR-FXE específicamente en sensores y actuadores del sistema de admisión, inyección y encendido en diferentes fases de pruebas, las cuales corresponden a 3 escenarios.

- El primero se basa en analizar la estequiometría del vehículo cuando está en CONTACTO y posteriormente se le da ARRANQUE.
- El segundo escenario se basa en analizar la estequiometría del vehículo cuando se encuentra en RALENTÍ e inmediatamente se le da una ACELERACIÓN.
- El tercer escenario se basa en simular fallas que puede tener el vehículo y analizar el comportamiento estequiométrico.

#### 3.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA INTEGRAL

##### 3.1.1 *Resultados de las señales y valores del sensor MAP en contacto vs arranque.*

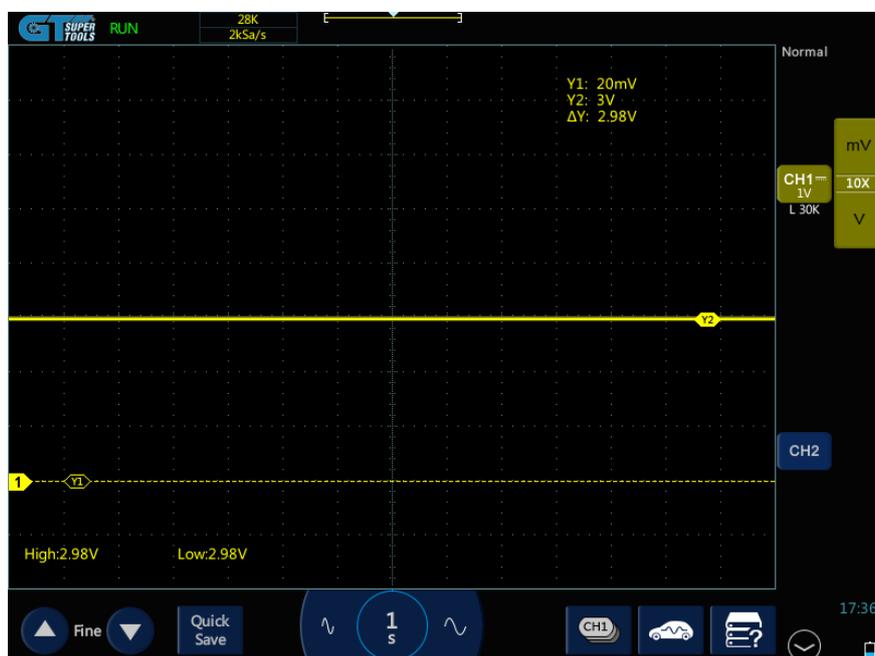
Para un análisis completo del diagnóstico del sensor MAP se toma en consideración los valores obtenidos por el multímetro, osciloscopio y escáner automotriz.

El multímetro automotriz analiza el comportamiento del voltaje del sensor MAP, el osciloscopio automotriz analiza los oscilogramas del sensor MAP y el escáner analiza los valores en tiempo real y su funcionamiento.

Los valores obtenidos por el osciloscopio automatizado se los verifica con el uso del multímetro, se debe tomar en cuenta que estos valores tienen una ligera diferencia la cual se debe a la precisión de cada equipo de diagnóstico.

### 3.1.1.1 Resultados del sensor MAP en contacto.

El oscilograma de la **Figura 3.1** muestra un voltaje de señal de 2.98 V, como se observa en los indicadores del eje Y. Este voltaje de señal del sensor indica tanto la apertura de la mariposa en el cuerpo de aceleración y a su vez la presión que se encuentra en el múltiple de admisión. Además, este valor de voltaje se encuentra en los parámetros de funcionamiento cuando el vehículo se encuentra en contacto y completamente estacionario.



**Figura 3.1** Oscilograma del sensor MAP en contacto

Este voltaje de señal de 2.98 V obtenido por el oscilograma deberá estar reflejado de igual manera en el multímetro automatizado como se muestra en la **Figura 2.13** con la finalidad de poder corroborar el correcto funcionamiento del sensor MAP.

Del mismo modo se realizó el análisis del sensor MAP en tiempo real con el uso del escáner automotriz. La **Figura 3.2** muestra una presión de 23 inHg existente en el colector cuando el vehículo se encuentra en contacto a una temperatura de 19°C. Se debe tomar en cuenta que el sensor MAP actúa como un barómetro cuando el automóvil se encuentra en contacto, es decir mide la presión atmosférica de la ciudad de Ibarra que se encuentra a 2225 msnm.

Artículo(1/7)	Valor	Unidad
Valor carga del motor	0.0	%
Valor absoluto carga	0.00	%
Presión del colector	23	inHg
Presión Atmosférica	30	inHg
Temperatura del refrigerante del motor	19	°C
RPM del motor	0	rpm
Tiempo transcurrido después arranque del motor	0	s

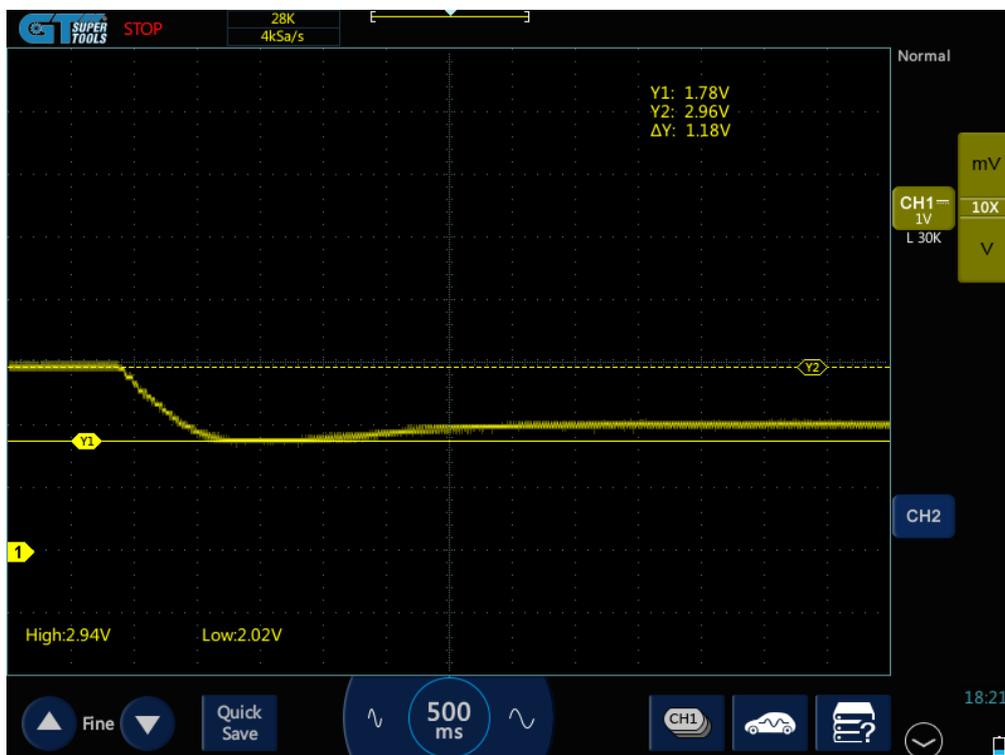
**Figura 3.2** Datos sensor MAP con escáner automotriz en CONTACTO

**Tabla 3.1** Datos obtenidos del sensor MAP con el escáner automotriz en contacto

Datos escáner automotriz sensor MAP	
Presión del colector	23 inHg
Presión atmosférica	30 inHg
Temperatura del motor	19° C
RPM del motor	0 (KOEO)

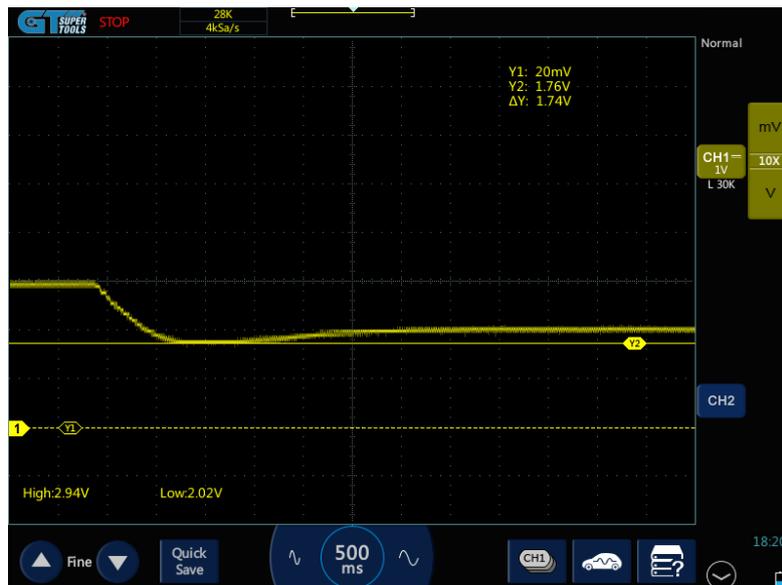
### 3.1.1.2 Resultados del sensor MAP en arranque

Cuando se produce el arranque el oscilograma ya no es una línea constante como indica la **Figura 3.1**. Este cambio se debe a que ya existe un ingreso de aire al múltiple de admisión lo que provoca una variación en la presión y sus valores de voltaje tienden a bajar.



**Figura 3.3** Oscilograma del sensor MAP en arranque (caída de voltaje)

En la **Figura 3.3** la caída de voltaje entre la diferencia de Y2 y Y1 es de 1.18 V este valor indica la apertura de la mariposa en el cuerpo de aceleración y el ingreso de aire para permitir el arranque.



**Figura 3.4** Oscilograma del sensor MAP en ARRANQUE (voltaje mínimo)

La **Figura 3.4** indica el voltaje mínimo de 1,74 V con una temperatura de 32°C del refrigerante del motor. Este voltaje refleja que existe un ingreso de aire al múltiple de admisión al momento de dar arranque por lo cual el vacío disminuye. Este voltaje se lo corroboró con el uso del multímetro automotriz como se muestra en la **Figura 2.17**.

Al mismo tiempo se observa en el oscilograma como la grafica tiende a estabilizarse aproximadamente con un voltaje de 2.02 V, en este punto el vehículo se encuentra en Open Loop y la unidad de control ECM no recibe retroalimentacion del sensor de oxígeno por lo cual aumenta el volumen de inyeccion de combustible de acuerdo a lo preprogramado en la memoria generando una mezcla rica para un arranque del motor eficiente.

Además, con el uso del escáner automotriz se realizó los análisis de los valores del sensor MAP al momento de dar arranque. La **Figura 3.5** muestra como la presión del colector disminuye a 10 inHg mientras el vehículo se encuentra con una carga de 40.4% y a 1251 rpm, es decir ligeramente acelerado.

Artículo(1/7)	Valor	Unidad
Valor carga del motor	40.4	%
Valor absoluto carga	18.04	%
Presión del colector	10	inHg
Presión Atmosférica	30	inHg
Temperatura del refrigerante del motor	32	°C
RPM del motor	1251	rpm
Tiempo transcurrido después arranque del motor	1	s

Función Normal Gráfico Registro todos los Artículos

**Figura 3.5** Datos sensor MAP escáner automotriz en arranque.

**Tabla 3.2** Valores obtenidos del sensor MAP con el escáner automotriz en arranque

Datos escáner automotriz sensor MAP en Arranque	
Presión mínima del colector	10 inHg
Presión atmosférica	30 inHg
Temperatura del motor	32° C
RPM del motor	1200rpm -1300 rpm
Valor carga del motor	40.4%

### 3.1.2 *Análisis de los resultados obtenidos del sensor MAP en contacto y en arranque.*

De acuerdo a los valores obtenidos gracias al uso del osciloscopio, multímetro y escáner automotriz, se puede ver la variación de voltaje y presión que sucede al momento de dar arranque al motor.

El valor estable del sensor MAP en contacto es de 23 inHg actuando como un barómetro midiendo la presión atmosférica de la ciudad de Ibarra de 78kPa, de esta manera se verifica el buen funcionamiento del sensor MAP.

Según los oscilogramas y valores obtenidos, se puede ver la variación de voltaje y presión al momento de dar arranque, esto indica que existe un mayor flujo de aire, es decir se encuentra en mezcla pobre, debido a que existe un exceso de aire en el múltiple de admisión generando más presión y menos vacío. En ese momento el vehículo se encuentra en Open Loop y la ECM no recibe una retroalimentación por parte del sensor de oxígeno, suministrando una mayor cantidad de combustible con el objetivo de generar una combustión eficiente para un eficaz arranque del motor. Se debe tomar en cuenta que la ECM puede basar su suministro de combustible en la información guardada en la memoria del ajuste de combustible a largo plazo LFT. Una vez el vehículo se encuentre en Closed Loop, la ECM regula el ajuste de combustible a corto plazo para mantener una estequiometría ideal.

### 3.1.3 Resultado de las señales y valores del sensor MAP en ralentí vs acelerado.

Cuando se genera una carga al motor la señal del sensor MAP tiende a mostrar una señal analógica dependiendo de las aceleraciones o cargas que se produzcan al mismo motor.



**Figura 3.6** Oscilograma del sensor MAP con aceleración (voltaje máximo)

La **Figura 3.6** muestra el comportamiento del sensor MAP cuando se aplica una aceleración. Para realizar un mejor análisis, el vehículo se encuentra en ralentí aproximadamente a 1000 rpm, posteriormente se aplica una carga llegando a 2000 rpm aproximadamente. La señal analógica indica 2 aceleraciones en las cuales el voltaje máximo es de 2.02 V; en ese instante es donde se produce la máxima carga aplicada, además indica la apertura total de la mariposa del cuerpo de aceleración.

Al mismo tiempo estos valores se los corroboró con el diagnóstico realizado con el multímetro automotriz, obteniendo valores cercanos. La **Figura 3.7** indica el voltaje máximo obtenido por el multímetro automotriz, cabe mencionar que existen una leve diferencia en los valores obtenidos por el osciloscopio y multímetro automotriz, pero siguen manteniendo el rango de funcionamiento en las condiciones que están presentes.

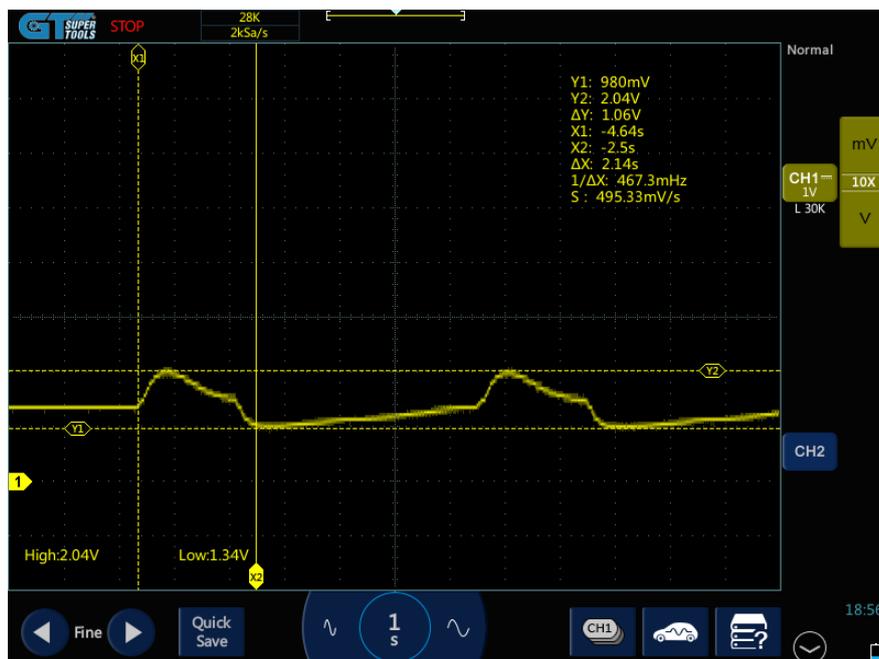


**Figura 3.7** Voltaje máximo del sensor MAP aplicado una carga.

La **Figura 3.8** indica el voltaje mínimo de 960 mV del sensor MAP cuando se suelta el acelerador y la mariposa del cuerpo de aceleración vuelve a su estado normal sin carga.



La **Figura 3.10** muestra el tiempo de 2,14s en la que el vacío del múltiple de admisión va variando una vez aplicada una aceleración de aproximadamente 2000 rpm. Durante este tiempo la mariposa se abrió permitiendo el ingreso de aire al múltiple de admisión haciendo que el vacío disminuya, de la misma manera, al momento de la desaceleración se da el cierre de la mariposa permitiendo que el vacío aumente.



**Figura 3.10** Tiempo de variación de vacío.

Con el uso del escáner automotriz se realizó los análisis de los valores del sensor MAP cuando el vehículo se encuentra en ralentí y posteriormente se le aplica una aceleración. La **Figura 3.11** muestra una presión estable de 7inHg en el colector, en este instante el vehículo se encuentra en ralentí y en Closed Loop con un valor de carga de 24,3% a 1000 rpm aproximadamente.

Artículo(1/7)	Valor	Unidad
Valor carga del motor	24.3	%
Valor absoluto carga	9.80	%
Presión del colector	7	inHg
Presión Atmosférica	30	inHg
Temperatura del refrigerante del motor	95	°C
RPM del motor	997	rpm
Tiempo transcurrido después arranque del motor	866	s

**Figura 3.11** Datos sensor MAP escáner automotriz en ralentí

**Tabla 3.3** Valores obtenidos del sensor MAP con el escáner automotriz en ralentí

Datos escáner automotriz sensor MAP en ralentí	
<b>Presión del colector</b>	7 inHg
<b>Presión atmosférica</b>	30 inHg
<b>Temperatura del motor</b>	95 °C
<b>RPM del motor</b>	900rpm a 1000 rpm
<b>Valor carga del motor</b>	24,3%

Al aplicar una aceleración a un régimen de aproximadamente 2000 rpm, el motor recibe una carga de 43,9% provocando que la presión en el colector aumente a 14 inHg como se observa en la **Figura 3.12**, esto se debe al ingreso brusco de aire al múltiple de admisión.

Artículo(1/7)	Valor	Unidad
Valor carga del motor	43.9	%
Valor absoluto carga	26.67	%
Presión del colector	14	inHg
Presión Atmosférica	30	inHg
Temperatura del refrigerante del motor	85	°C
RPM del motor	1145	rpm
Tiempo transcurrido después arranque del motor	240	s

Función: Normal | Gráfico | Registro | Todos los Artículos

**Figura 3.12** Datos sensor MAP escáner automotriz ACELERADO

Artículo(1/7)	Valor	Unidad
Valor carga del motor	15.7	%
Valor absoluto carga	5.88	%
Presión del colector	4	inHg
Presión Atmosférica	30	inHg
Temperatura del refrigerante del motor	85	°C
RPM del motor	1748	rpm
Tiempo transcurrido después arranque del motor	236	s

Función: Normal | Gráfico | Registro | Todos los Artículos

**Figura 3.13** Datos sensor MAP escáner automotriz DESACELERADO

La **Figura 3.13** indica una desaceleración, provocando que la carga del motor disminuya a 15,7% debido a la interrupción del flujo de aire lo que provoca que la presión del colector disminuya hasta 4 inHg.

**Tabla 3.4** Valores obtenidos del sensor MAP con el escáner automotriz en ralentí y acelerado

<b>Datos escáner automotriz sensor MAP con aceleración</b>	
<b>Presión del colector máxima</b>	14 inHg
<b>Presión del colector mínima</b>	4 inHg
<b>Presión atmosférica</b>	30 inHg
<b>RPM del motor ACELERADO</b>	900 rpm a 2000 rpm
<b>Valor de carga del motor ACELERADO</b>	43,9%
<b>Valor de carga del motor DESACELERADO</b>	15,7%

### **3.1.4** *Análisis de los resultados obtenidos del sensor MAP en ralentí y acelerado.*

En los oscilogramas obtenidos del sensor MAP se puede ver la variación de voltaje cuando se le aplica una carga al motor.

El valor estable del sensor MAP en ralentí es de 7 inHg es decir 1/3 del valor obtenido cuando el vehículo se encuentra en contacto, de esta manera se verifica el buen funcionamiento del sensor MAP.

El motivo por el cual existe una variación de voltaje de 1,37 V en estado de ralentí a 2,02V al momento de aplicar la carga, es porque existe menos vacío en el múltiple de admisión, ya que la mariposa tiende a abrirse, permitiendo que el aire entre en mayor cantidad, provocando que suba la presión de 7inHg a 14 inHg. En este punto el vehículo pasa de Closed Loop a Open Loop, lo que significa que la unidad de control ECM no recibe retroalimentación

por parte del sensor de oxígeno y suministra mayor cantidad de combustible generando una mezcla rica con el fin de acoplarse a la carga aplicada al presionar el acelerador.

De la misma manera al soltar el acelerador la carga disminuye a 15,7% provocando el cierre de la mariposa, lo cual disminuye el paso del aire al múltiple de admisión y aumenta el vacío, por ende el voltaje disminuye a 1,07 V, más bajo del valor de ralentí debido a que el cierre de la mariposa es inmediato, mientras que en cada cilindro sigue succionando aire provocando más vacío en el múltiple de admisión, este es el motivo por el cual el voltaje baja más de lo normal. Se debe tomar en cuenta que este proceso ocurre aproximadamente en milisegundos y con una aceleración de 1000 rpm a 2000 rpm aproximadamente.

Después de analizar los diferentes oscilogramas del sensor MAP se concluye que:

- El valor máximo que puede tomar el sensor MAP es la presión atmosférica del ambiente.
- En ralentí el valor del sensor MAP debe ser 1/3 de la presión atmosférica del lugar en el que se realice el diagnóstico, de esta manera se verifica el correcto funcionamiento del sensor.
- Si el valor del sensor MAP en ralentí es mayor a 7inHg es porque existe exceso de aire al múltiple de admisión y pueden ser por varias razones como una fuga de vacío, la mariposa puede estar dañada o tapada, falla del sensor MAF.
- Si el valor del sensor MAP en ralentí es menor a 7 inHg es porque existe poco aire en el múltiple de admisión y puede ser por varias razones como un filtro tapado, sistema de admisión obstruido, MAF o MAP defectuosos, mariposa tapada.

### **3.1.5 Resultado de las señales y valores del sensor MAF en contacto vs arranque.**

Los resultados obtenidos por los equipos de diagnóstico a tomar consideración son:

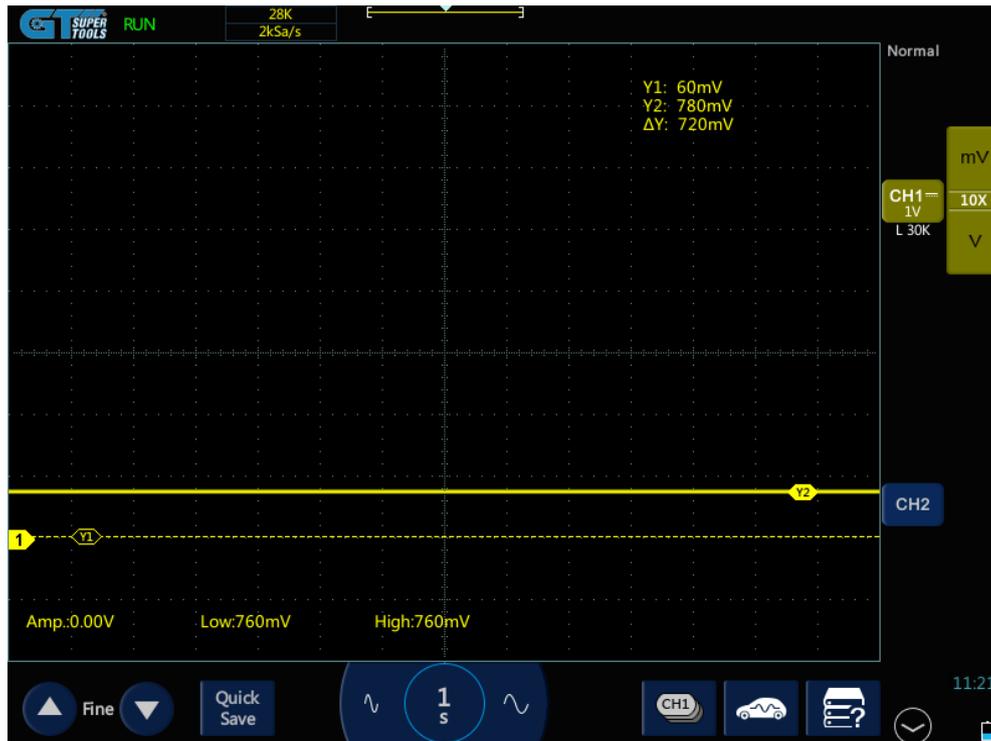
- Multímetro
- Osciloscopio
- Escáner

Para el apartado del multímetro automotriz se obtuvo los valores de voltaje de todos los pines pertenecientes al socket del sensor para reconocer el cableado del socket, además corroborar el buen estado del sensor y a su vez su funcionamiento. Para realizar este diagnóstico es necesario que el vehículo se encuentre en contacto.

En el caso del osciloscopio automotriz los resultados obtenidos son los oscilogramas conseguidos por el pin de señal del socket del sensor con el fin de concluir si los valores son semejantes a los del multímetro automotriz para justificar su correcto funcionamiento. De la misma manera gracias al escáner automotriz se obtiene los valores en tiempo real del sensor MAF+IAT.

#### **3.1.5.1 Resultados del sensor MAF en contacto**

El oscilograma de la **Figura 3.14** muestra un voltaje de señal de 0.76 V cuando el auto se encuentra en contacto. Este voltaje indica el correcto funcionamiento del sensor. Además, este voltaje se lo corrobora con el multímetro automotriz como se muestra en la **Figura 2.33**



**Figura 3.14** Oscilograma sensor MAF señal contacto

Además, se realizó el análisis del sensor MAF en tiempo real con el uso del escáner automatizado. La **Figura 3.15** indica la cantidad de aire que hay en el conducto de admisión de aire. El valor de 0.20 g/sec indica el correcto funcionamiento del sensor MAF.

Análisis de Datos(Seleccionar elemento)		
Artículo(1/7)	Valor	Unidad
Valor carga del motor	0.0	%
Valor absoluto carga	0.00	%
Cantidad aire admisión	0.20	g/sec
Temperatura del aire admisión	26	°C
Temperatura del refrigerante del motor	18	°C
RPM del motor	0	rpm
Tiempo transcurrido después arranque del motor	0	s

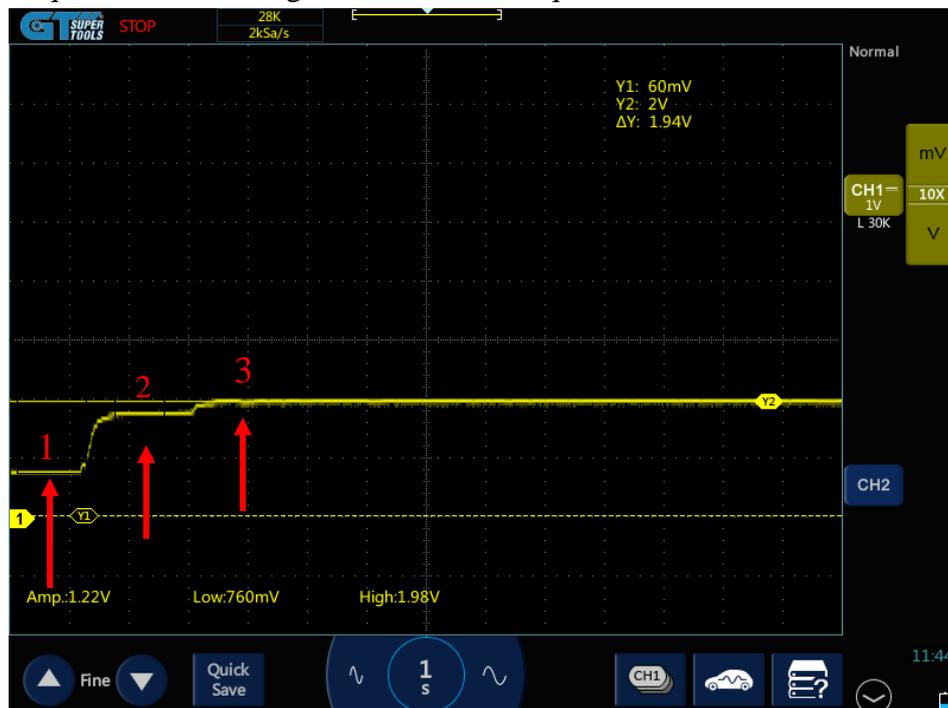
**Figura 3.15** Datos del sensor MAF con escáner automatizado en CONTACTO

**Tabla 3.5** Valores obtenidos del sensor MAF en contacto con el escáner automotriz

Datos escáner automotriz sensor MAF en Contacto	
Cantidad de aire de admisión	0.20 g/sec
Temperatura del aire admisión	26° C
Temperatura del motor	18° C
RPM del motor	0 (KOEO)

### 3.1.5.2 Resultados del sensor MAF en arranque

Al instante de dar arranque al vehículo, el sensor MAF mide la variación de flujo de aire que está ingresando al múltiple de admisión. En la **Figura 3.16** se observa como el voltaje aumenta de 0,76 V a un voltaje de 1.98 V lo cual indica que el flujo de aire crece considerablemente permitiendo que el vehículo tenga un correcto arranque.

**Figura 3.16** Oscilograma sensor MAF señal en arranque

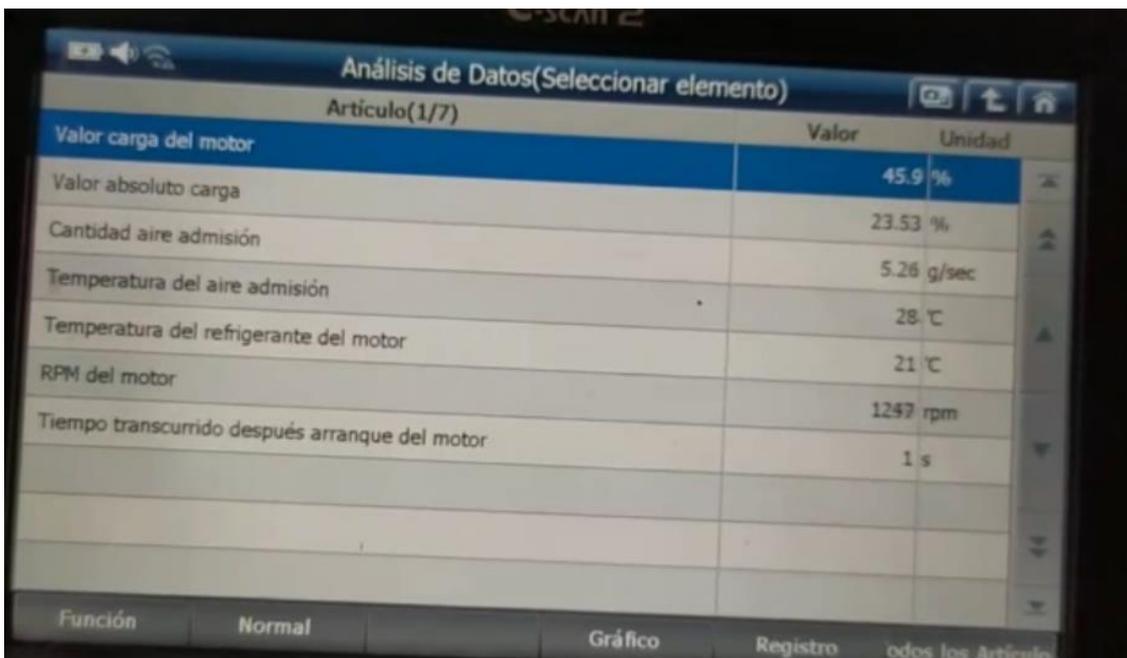
En este oscilograma se tiene los siguientes resultados:

- 1) Voltaje de señal en contacto 760 mV (0.76 V)
- 2) Variación del flujo de aire
- 3) Voltaje estable en 1.98 V

De igual manera estos valores obtenidos se justifican con los datos arrojados por el multímetro.

Para este caso el voltaje máximo captado por el equipo es de 1.94 V indicado en la **Figura 2.34**.

A su vez se obtuvo los valores en tiempo real al momento de dar arranque con el escáner automotriz. La **Figura 3.17** muestra como la cantidad de aire aumenta considerablemente a 5.26 g/sec debido a que el motor tiene una carga de 45.9% a un régimen de 1247 rpm.



Artículo(1/7)	Valor	Unidad
Valor carga del motor	45.9	%
Valor absoluto carga	23.53	%
Cantidad aire admisión	5.26	g/sec
Temperatura del aire admisión	28	°C
Temperatura del refrigerante del motor	21	°C
RPM del motor	1247	rpm
Tiempo transcurrido después arranque del motor	1	s

**Figura 3.17** Datos sensor MAF escáner automotriz en arranque

**Tabla 3.6** Valores obtenidos del sensor MAF en arranque con el escáner automotriz

<b>Datos escáner automotriz sensor MAF en Arranque</b>	
Cantidad de aire de admisión	5.6 g/sec
Temperatura del aire de admisión	28° C
Temperatura del motor	21° C
RPM del motor	1200rpm-1300 rpm
Valor carga del motor	45.9%

### **3.1.6** *Análisis de los resultados obtenidos del Sensor MAF en contacto y en arranque.*

Gracias a los resultados conseguidos por los diferentes equipos de diagnóstico, se puede realizar un análisis más amplio del sensor MAF tomando en consideración su variación de voltaje vista gráficamente en el oscilograma y la variación de cantidad de aire que ingresa al múltiple de admisión al instante en el cual el vehículo pasa de estar en contacto a dar arranque.

De acuerdo a la información de los oscilogramas el sensor MAF al estar en contacto, tiene un voltaje estable de 0.76 V lo cual indica un correcto funcionamiento del sensor, midiendo valores bajos de flujo de aire que se encuentra en los conductos del sistema de admisión.

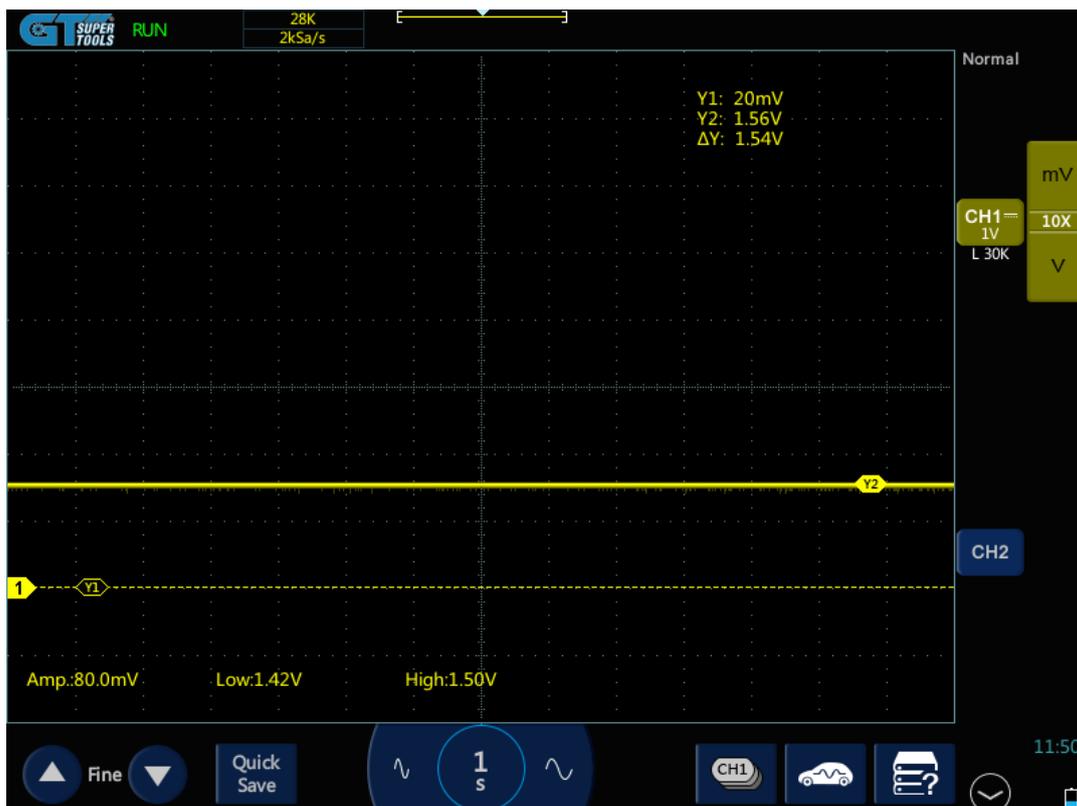
En la **Figura 3.16** se observa como la gráfica tiene una variación notable en su voltaje al momento de dar arranque, esto se debe a que el motor recibe una carga alta de 45.9 % aproximadamente en ese preciso instante, provocando un ingreso de aire brusco de 5.26 g/sec leído por el escáner, es decir que la unidad de control ECM registra una mezcla pobre y entra en Open Loop , para lo cual proporciona más combustible sin recibir retroalimentación por

parte del sensor de oxígeno y utiliza la información guardada en la memoria a largo plazo LFT o valores preprogramados en su memoria para suministrar el combustible necesario para un arranque eficaz. En este punto el vehículo se encuentra ligeramente acelerado entre 1500 a 2000 rpm aproximadamente, además se observa en la misma grafica como llega a estabilizarse el voltaje en 1.98 V, se debe tomar en consideración que el vehículo se mantiene en Open Loop hasta que se estabilice.

### 3.1.7 Resultado de las señales y valores del sensor MAF en ralentí VS acelerado

#### 3.1.7.1 Valores del sensor MAF en ralentí

Para este apartado el multímetro muestra un voltaje de 1.50 V como indica la **Figura 2.35**. Este valor se obtiene cuando el vehículo se encuentra en ralentí es decir que está a un régimen de revoluciones entre 900 a 1000 rpm donde el flujo de aire es constante.



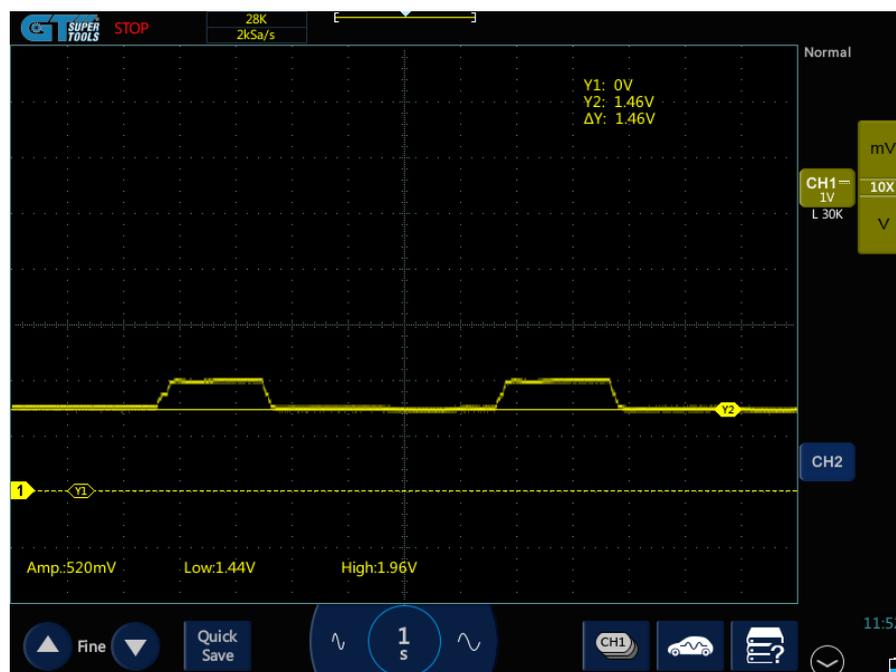
**Figura 3.18** Oscilograma voltaje de señal sensor MAF ralentí

La **Figura 3.18** indica el valor del voltaje de señal cuando el vehículo se encuentra en ralentí y en Closed Loop. Es decir que todos sus sistemas se encuentran en condiciones óptimas de trabajo. La ECM controla la válvula del acelerador para mantener constante una velocidad de ralentí ideal.

### 3.1.7.2 Valores del sensor MAF en acelerado

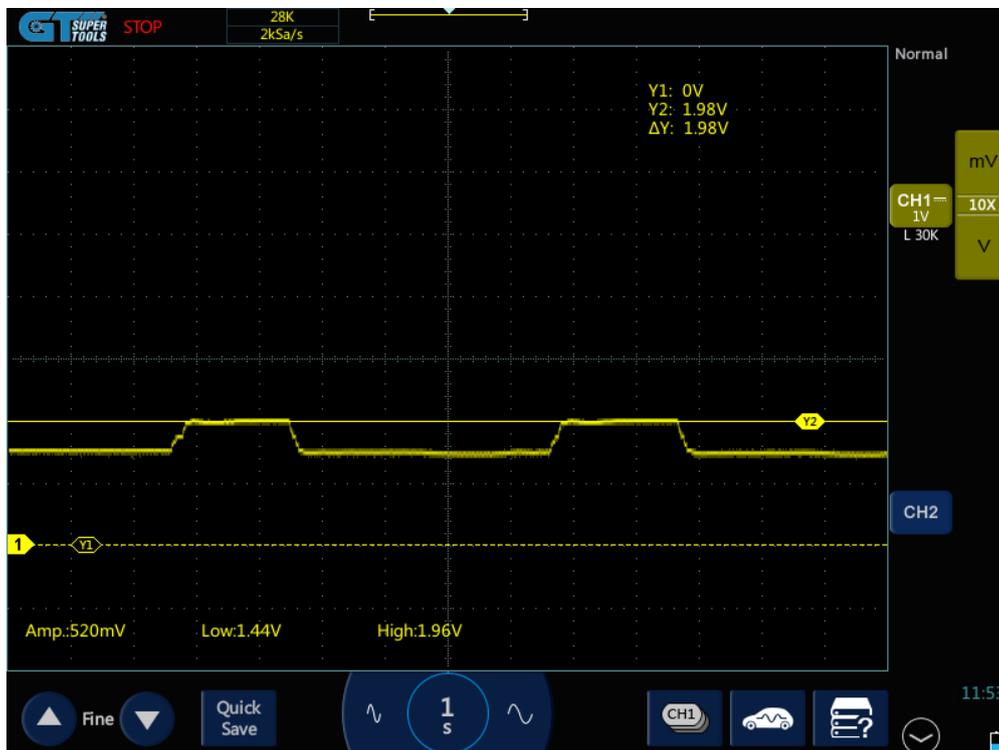
De igual manera la **Figura 3.19** indica la variación de comportamiento en el instante en el cual se aplica una aceleración de 2000 rpm aproximadamente. La grafica indica una variación de voltaje lo que significa el correcto funcionamiento del sensor MAF a los diferentes flujos de aire que ingresan al múltiple de admisión.

La **Figura 3.19** muestra el voltaje mínimo cuando se realiza la aceleración, este valor tiende a referirse al voltaje cuando regresa a ralentí, es decir cuando se deja de aplicar la carga al motor por ende su valor se aproxima al 1.50 V indicada en la **Figura 2.35**.



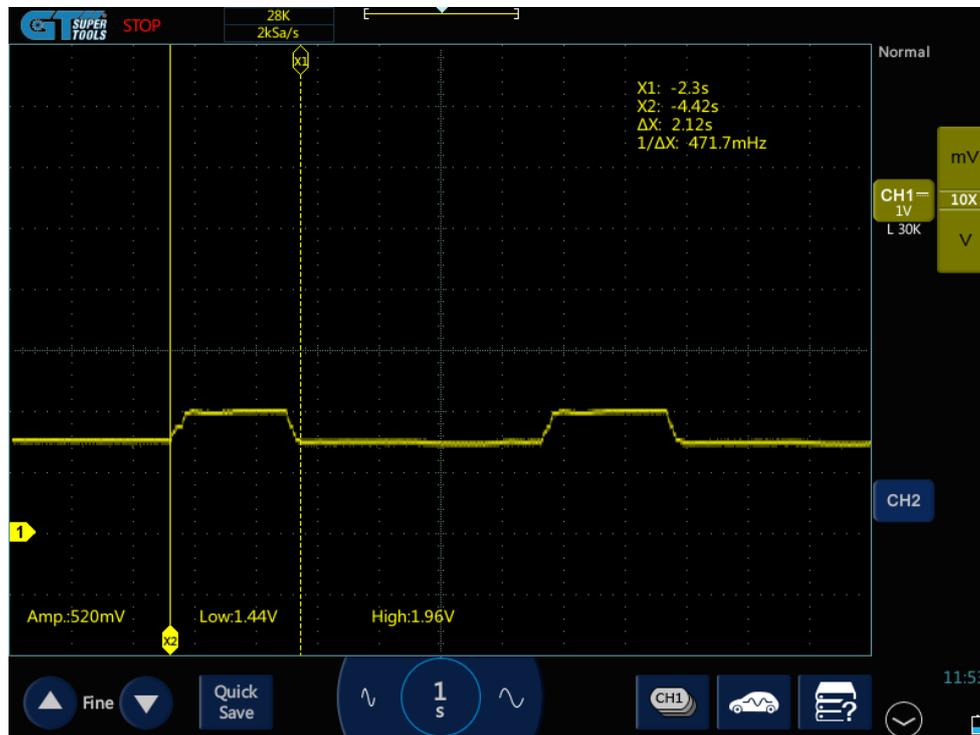
**Figura 3.19** Oscilograma voltaje mínimo de señal sensor MAF con aceleración.

Del mismo modo la **Figura 3.20** representa el funcionamiento del sensor MAF cuando se está aplicando una carga tomando un valor máximo de 1.98 V lo que representa el mayor ingreso de flujo de aire al sistema admisión.



**Figura 3.20** Oscilograma voltaje máximo de señal sensor MAF con carga

En la **Figura 3.21** se observa en el eje X el tiempo de 2.12s donde existe la variación de flujo de aire al instante de aplicar una aceleración, lo que significa que el motor está sometido a una mayor carga.



**Figura 3.21** Oscilograma-tiempo de variación del flujo de aire

Los resultados conseguidos por el escáner automatizado indican valores en tiempo real del sensor MAF cuando el motor se encuentra en ralentí y posteriormente se le aplica una carga.

La **Figura 3.22** muestra una cantidad de aire de admisión de 1.98 g/sec estable, en este instante el motor tiene una carga estable de 25,9% entre 950 y 1000 rpm, es decir se encuentra en ralentí y en Closed Loop.

Artículo(1/7)	Valor	Unidad
Valor carga del motor	25.9	%
Valor absoluto carga	10.98	%
Cantidad aire admisión	1.98	g/sec
Temperatura del aire admisión	37	°C
Temperatura del refrigerante del motor	94	°C
RPM del motor	1002	rpm
Tiempo transcurrido después arranque del motor	1785	s

Función: Normal | Gráfico | Registro | todos los Artículo

**Figura 3.22** Datos sensor MAP escáner automotriz en ralentí

**Tabla 3.7** Valores obtenidos del sensor MAF en ralentí con el escáner automotriz

<b>Datos escáner automotriz sensor MAF en RALENTÍ</b>	
<b>Cantidad de aire de admisión</b>	1.98 g/sec
<b>Temperatura del aire de admisión</b>	37° C
<b>Temperatura del motor</b>	94° C
<b>RPM del motor</b>	950rpm-1000 rpm
<b>Valor carga del motor</b>	25.9%

Al aplicar una aceleración de aproximadamente 2000 rpm, el motor recibe una carga de 56.1%, provocando que el ingreso de aire al múltiple de admisión oscile entre los 6,82 g/sec como se muestra en la **Figura 3.23**, esto se debe a la apertura de la mariposa del cuerpo de aceleración. Una vez que se suelta el acelerador, la carga del motor se estabiliza y el flujo de aire vuelve a regularse.

Artículo(3/8)	Valor	Unidad
Valor carga del motor	56.1	%
Valor absoluto carga	27.84	%
Cantidad aire admisión	6.82	g/sec
Temperatura del aire admisión	45	°C
Temperatura del refrigerante del motor	95	°C
RPM del motor	1366	rpm
Tiempo transcurrido después arranque del motor	2215	s
Motor apertura mariposa Ciclo	14	%

Función: Normal | Gráfico | Registro | Todos los Artículo

**Figura 3.23** Datos sensor MAF escáner automotriz ACELERADO

**Tabla 3.8** Valores obtenidos del sensor MAF con aceleración con el escáner automotriz

Datos escáner automotriz sensor MAF con Aceleración	
<b>Cantidad de aire de admisión</b>	6.82 g/sec
<b>Temperatura del aire de admisión</b>	45° C
<b>Temperatura del motor</b>	95° C
<b>RPM del motor</b>	2000rpm-2500 rpm
<b>Valor carga del motor ACELERADO</b>	56.1%

### ***3.1.8 Análisis de los resultados obtenidos del sensor MAF en ralentí y acelerado.***

Una vez finalizadas las pruebas con los distintos equipos de diagnóstico, se obtuvo datos con los cuales se puede llegar a analizar de mejor manera el funcionamiento del sensor MAF enfocado en la mezcla estequiométrica a las distintas condiciones que fue sometido el motor.

En los oscilogramas se puede ver gráficamente la variación de voltaje que existe cuando el vehículo es sometido a una aceleración, recibiendo una carga de aproximadamente 56,1% provocando que el voltaje aumente de 1.50 V y una cantidad de aire de 1,98 g/sec en ralentí a 1,96V y 6.82 g/sec en el instante que se le aplica la carga. El motivo por el cual existe una variación de voltaje es porque la mariposa se abre y permite un mayor flujo de aire al múltiple de admisión. En este punto la unidad de control ECM registra que el motor se encuentra en mezcla pobre y en Open Loop, debido a la carga que se le está aplicando. Por lo cual la ECM reconoce la demanda de carga a la cual está sometido el motor y aumenta el pulso de inyección sin recibir retroalimentación del sensor de oxígeno con el fin de suministrar el combustible necesario para satisfacer las altas demandas a las que se encuentra el motor. En este punto la mezcla aire-combustible es rica y se lo verifica con los valores del sensor de oxígeno lambda menor a 1, voltaje menor a 3.3 y corriente menor a 0. A continuación cuando se deja de acelerar la carga del vehículo disminuye, la gráfica se estabiliza, lo que indica que el ingreso de aire es constante permitiendo que el vehículo vuelva a estar en ralentí.

### ***3.1.9 Resultado de las señales y valores del sensor IAT***

Para los resultados del sensor IAT únicamente se tomó en consideración los valores obtenidos por el multímetro y escáner automotriz. Este diagnóstico se lo realiza cuando el

vehículo se encuentra Open Loop y pasa a Closed Loop analizando su resistencia con el objetivo de ver el estado y funcionamiento del sensor IAT.

**Tabla 3.9** Rangos de funcionamiento del sensor IAT sugeridos por el manual de reparación.

Rangos de funcionamiento	
Condición	Condición específica
-20°C (-4°F)	13.6 to 18.4 kΩ
20°C (68°F)	2.21 to 2.69 kΩ
60°C (140°F)	0.49 to 0.67 kΩ

Fuente: (ToyotaMotor Corporation, 2009)

Del mismo modo con el uso del escáner automotriz se realiza el análisis de los datos en tiempo real de la temperatura del motor y la temperatura del aire que se encuentra ingresando al múltiple de admisión.

Artículo(1/4)	Valor	Unidad
Valor carga del motor	0.0	%
Valor absoluto carga	0.00	%
Temperatura del aire admisión	24	°C
Temperatura del refrigerante del motor	18	°C

Función Normal Gráfico Registro Todos los Artículo

**Figura 3.24** Valores del sensor IAT a 18°C



sea mayor su densidad disminuye, por esta razón, el aire de ingreso al múltiple va a ser menor. Del mismo modo cuando el vehículo se encuentra en Closed Loop, la temperatura del aire aumenta, lo cual indica que la densidad del aire es menor y la resistencia del IAT baja a 0.66 k $\Omega$ . De tal manera con los datos conseguidos, se concluye que la unidad de control ECM utiliza la información obtenida por el sensor IAT para ajustar el combustible necesario para un correcto arranque del vehículo. Mientras el vehículo se encuentra a bajas temperaturas es decir en Open Loop la ECM proporcionara más combustible para calentar al motor con el objetivo de llegar a una temperatura optima de funcionamiento.

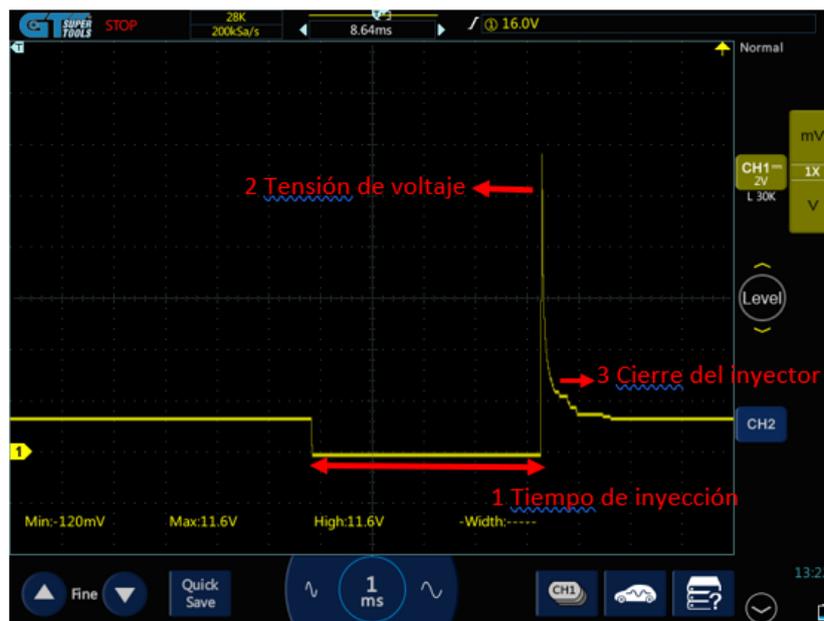
### ***3.1.11 Resultados de las señales y valores de los inyectores en contacto vs arranque***

#### **3.1.11.1 Resultados del inyector en contacto**

Para los resultados en contacto no se obtiene valores en los oscilogramas debido a que el motor en no está en funcionamiento es decir no hay una entrega de combustible por parte de los inyectores.

#### **3.1.11.2 Resultados del inyector en Arranque.**

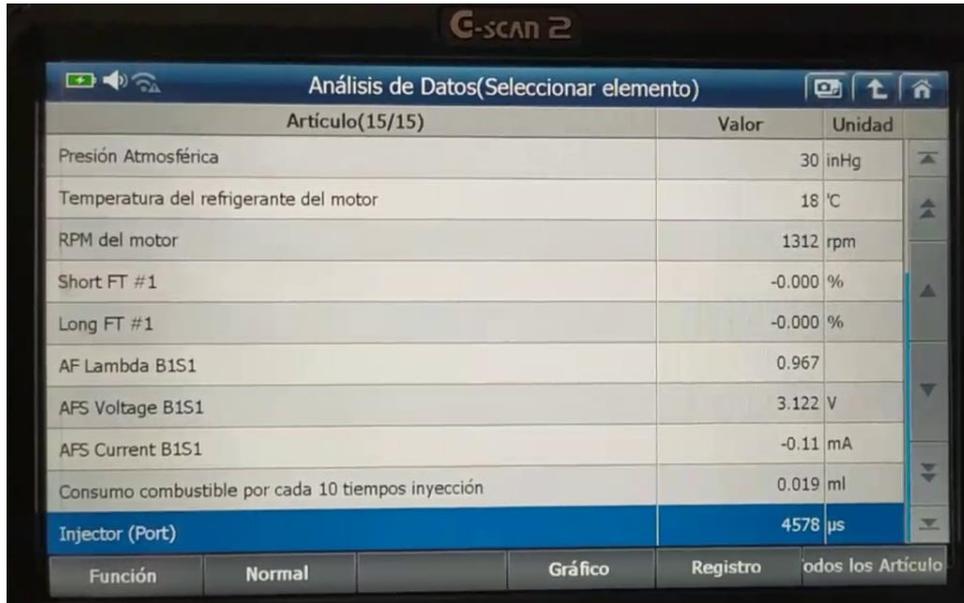
Cuando se realiza el arranque el motor, este comienza su funcionamiento permitiendo que el osciloscopio capte la señal y se logre apreciar el oscilograma perteneciente al inyector. Este oscilograma representa el tiempo de inyección, la tensión de voltaje y el cierre del inyector.



**Figura 3.26** Oscilograma inyector en arranque

Como indica la **Figura 3.26** se tiene un tiempo de inyección prolongado mostrando un valor de 4.5 ms en el eje x. Dando a indicar que existe una mayor inyección de combustible. Para la tensión de voltaje se tiene un pico 116 V provocando que se produzca la autoinducción del inyector. De esta manera en el cierre del inyector el campo magnético se va reduciendo al igual que el voltaje para lograr el cierre completo del inyector.

La **Figura 3.27** muestra los valores del tiempo de inyección al instante de dar arranque al motor, con valores aproximados de 4.5 ms. En este punto el vehículo se encuentra a una temperatura aproximada de 20°C, por tal motivo la ECM para dar un arranque eficiente proporciona un mayor volumen de combustible. Del mismo modo se observa según los datos del sensor de oxígeno que la mezcla aire-combustible esta rica.



Artículo(15/15)	Valor	Unidad
Presión Atmosférica	30	inHg
Temperatura del refrigerante del motor	18	°C
RPM del motor	1312	rpm
Short FT #1	-0.000	%
Long FT #1	-0.000	%
AF Lambda B1S1	0.967	
AFS Voltage B1S1	3.122	V
AFS Current B1S1	-0.11	mA
Consumo combustible por cada 10 tiempos inyección	0.019	ml
<b>Inyector (Port)</b>	<b>4578</b>	<b>µs</b>

Función: Normal | Gráfico | Registro | Todos los Artículo

**Figura 3.27** Tiempo de inyección en Arranque

### ***3.1.12 Análisis de los resultados obtenidos del inyector en contacto vs arranque.***

De acuerdo a los resultados obtenidos en los oscilogramas y en el escáner a automotriz se determina que la mezcla aire-combustible no se encuentra estable, esto se debe al arranque en frío del motor, para lo cual la unidad de control ECM entra en modo Open Loop y no recibe retroalimentación por parte del sensor de oxígeno. Sin embargo, la ECM aumenta el volumen de inyección con el fin de dar un arranque eficiente. En Open Loop la ECM no realiza ningún ajuste de combustible a corto plazo, solo busca calentar rápidamente el motor con el fin de llegar a una temperatura óptima de funcionamiento, cercana a los 90 °C. El sensor de oxígeno muestra un factor lambda menor a 1, un voltaje de 3.1 y una corriente negativa de -0.11, lo que significa que la mezcla se encuentra relativamente rica.

### 3.1.13 Resultado de las señales y valores de los inyectores en ralentí vs acelerado.

Para un diagnóstico completo de los inyectores es necesario tomar en consideración la información obtenida por los diferentes equipos de diagnóstico

Con el uso del multímetro automotriz se obtienen los valores de la resistencia de los inyectores, mientras que con el osciloscopio se obtienen los oscilogramas y el escáner automotriz indica los valores del tiempo de inyección del inyector, además del ajuste de combustible que realiza la unidad de control ECM.

Los valores obtenidos de resistencia de los inyectores que se muestran en el la **Tabla 2.12** son valores aceptables que se encuentran en el rango de funcionamiento sugeridos por el manual de reparación del vehículo.

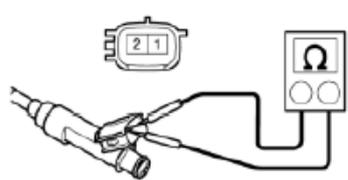
## INSPECTION

### 1. INSPECT FUEL INJECTOR ASSEMBLY

(a) Check the resistance.

(1) Using an ohmmeter, measure the resistance according to the value(s) in the table below.

Standard Resistance:



Tester Connection	Condition	Specified Condition
1 - 2	20°C (68°F)	11.6 to 12.4 Ω

**Figura 3.28** Rangos de resistencia inyectores

Fuente: (ToyotaMotor Corporation, 2009)

#### 3.1.13.1 Resultados de los oscilogramas del inyector en ralentí

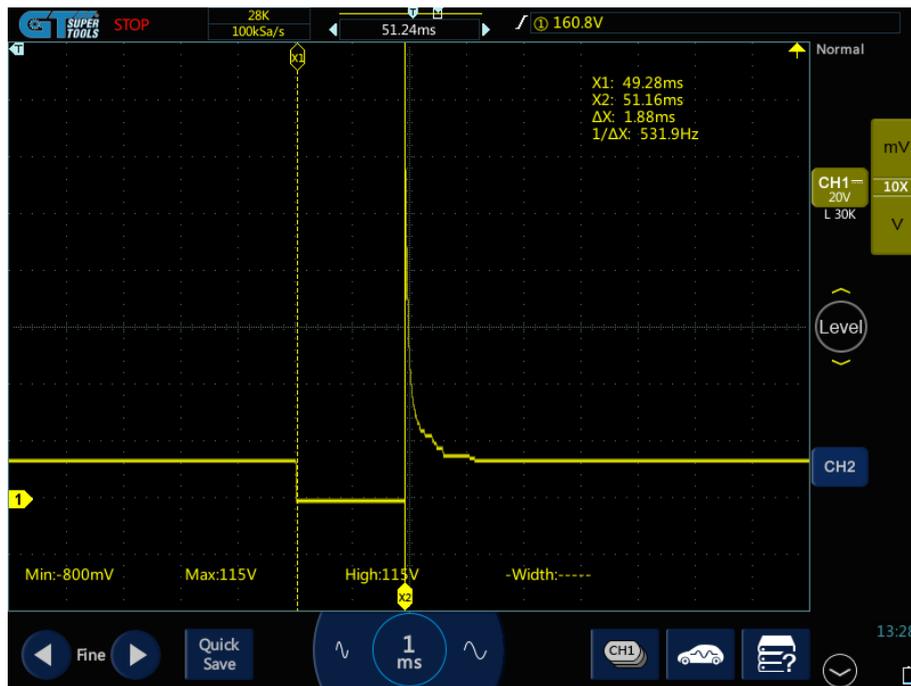
Los oscilogramas de los inyectores se representan en la escala del voltaje vs tiempo. Los parámetros que se toman en consideración en las gráficas son: tiempo de trabajo (pulso de

inyección), la tensión alta de voltaje y auto inducción del solenoide (cierre del inyector). (Juan & Castro, 2016)



**Figura 3.29** Parámetros de medición del Oscilograma del inyector

Además, las condiciones en las que se realiza el diagnóstico deben ser cuando el vehículo se encuentra en modo mantenimiento considerando la temperatura de trabajo, el régimen de revoluciones y las diferentes cargas que el modo mantenimiento permite.



**Figura 3.30** Tiempo de pulso de inyección.

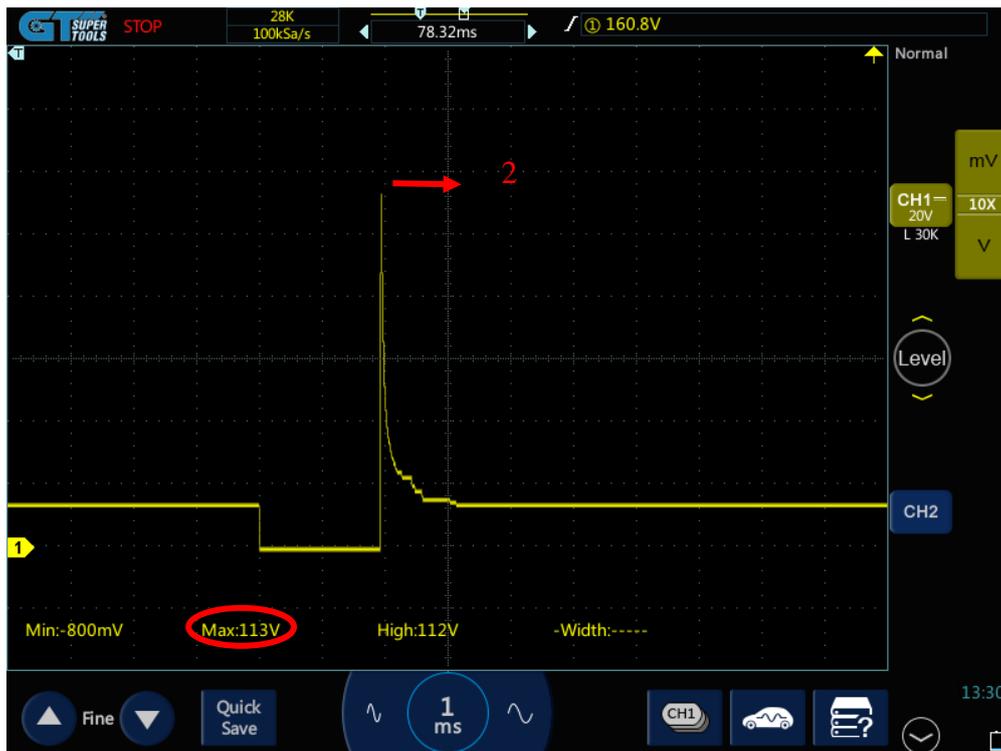
En la primera parte del diagnóstico se obtienen las gráficas de los inyectores cuando el vehículo se encuentran en Ralentí. En este instante el tiempo de inyección que refleja el oscilograma de la **Figura 3.30** en el eje x es de 1.88 ms, es decir, se encuentra en los rangos de funcionamiento óptimos de acuerdo a los datos del manual como se muestra en la **Tabla 3.10**.

**Tabla 3.10** Rangos de funcionamiento del tiempo de inyección

Tester Display	Measurement Item/Range	Normal Condition	Transformation
Injector	Injection duration for	1000 to 3000 us Idling	1 to 3 ms

Fuente: (ToyotaMotor Corporation, 2009)

La **figura 3.31** indica la tensión que se genera con un voltaje máximo de 113 V, esto se debe al cierre repentino del inyector, haciendo que la bobina del inyector se desenergice provocando una interrupción abrupta del flujo de corriente eléctrica.



**Figura 3.31** Tensión generada en el inyector.

En la **Figura 3.32** se logra apreciar pequeñas oscilaciones después de la tensión de voltaje, las cuales se las conoce como rebote de inyector e indican el cierre total del inyector dejando de proporcionar combustible, este cierre del inyector dura aproximadamente 1.2ms hasta volver a su voltaje estable.

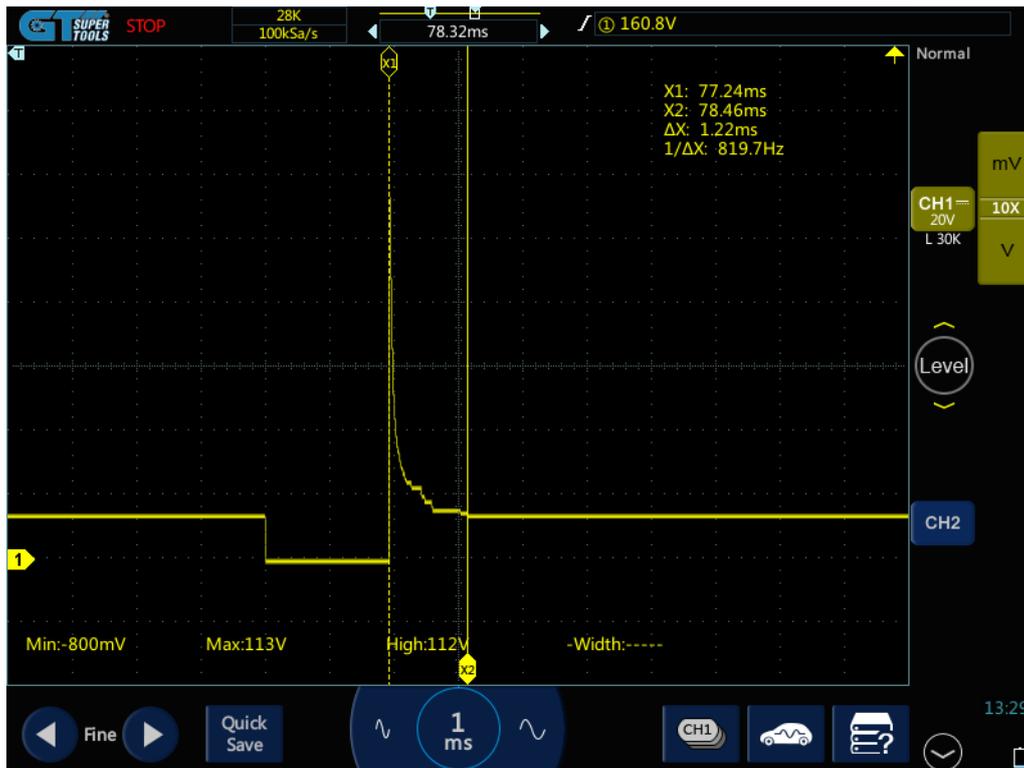


Figura 3.32 Cierre del inyector

Tabla 3.11 Valores del inyector en ralentí

Punto	Valor	Descripción
1	1.8 ms	Pulso de Inyección
2	113 V	Pico de Tensión
3	1.22 ms	Cierre del inyector

La **Figura 3.33** muestra los valores en tiempo real del ajuste de combustible que realiza el ECM cuando el vehículo se encuentra en ralentí. El ajuste de combustible a corto plazo SFT muestra valores aproximados a 1.5% los cuales indican que la unidad de control se encuentra suministrando más combustible de lo normal porque el sensor de oxígeno indica que la mezcla aire-combustible es pobre por lo cual la ECM busca suministrar el combustible necesario para mantener una mezcla estequiométrica estable. Mientras tanto el ajuste de combustible a largo

plazo LFT tiene guardado en la memoria un promedio de valores de 6.2% que permite a la unidad de control proporcionar el ajuste combustible para compensar desviaciones persistentes y garantizar que la mezcla se encuentre en estado óptimo.

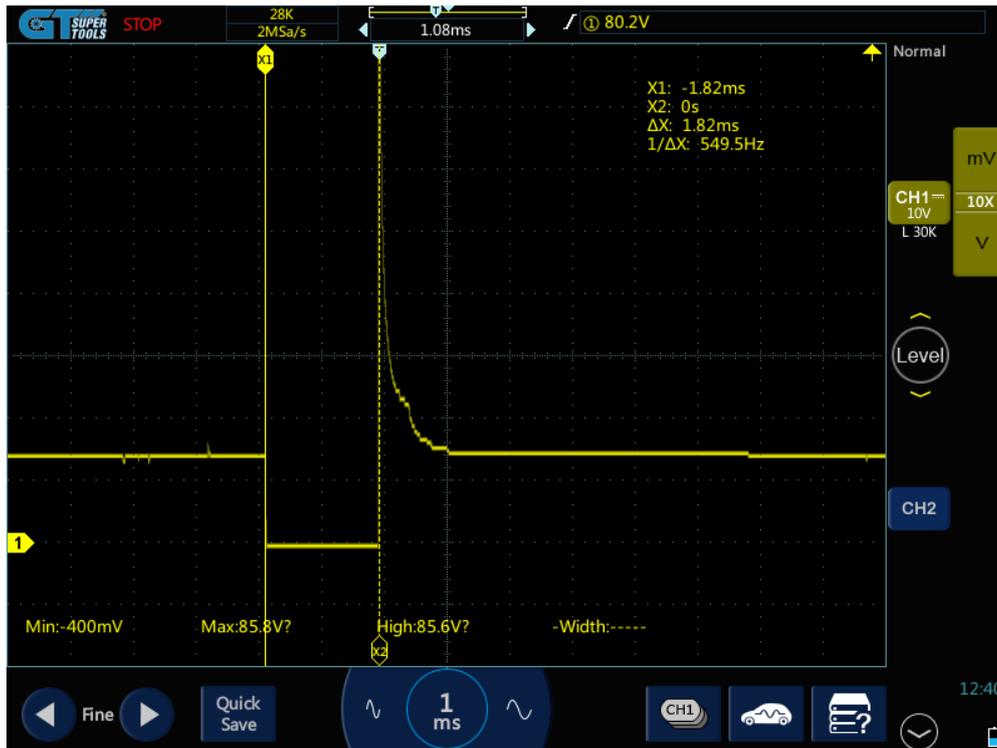
Artículo(1/9)	Valor	Unidad
Valor carga del motor	24.3	%
Presión Atmosférica	30	inHg
RPM del motor	1015	rpm
Short FT #1	1.562	%
Long FT #1	6.250	%
AF Lambda B1S1	0.990	
AFS Voltage B1S1	3.230	V
AFS Current B1S1	-0.04	mA
Injector (Port)	1826	µs

Función: Normal | Gráfico | Registro | Todos los Artículos

**Figura 3.33** Ajuste de combustible en ralentí

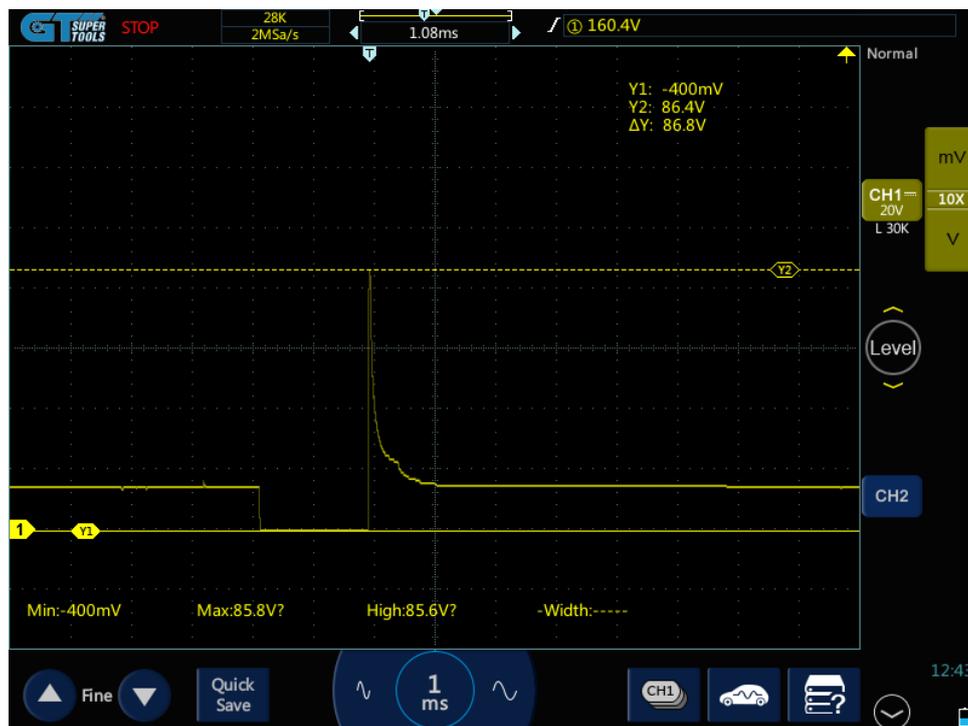
### 3.1.13.2 Resultados de los oscilogramas del inyector con aceleración.

De igual manera se realiza el diagnóstico en los inyectores cuando se aplica una aceleración, aumentando la carga en el motor. Este diagnóstico se lo realizó aproximadamente a unos 2500 rpm. Los parámetros diagnosticados son los mismos que fueron analizados en ralentí: tiempo de trabajo (pulso de inyección), la tensión alta de voltaje y auto inducción del solenoide (cierre del inyector).



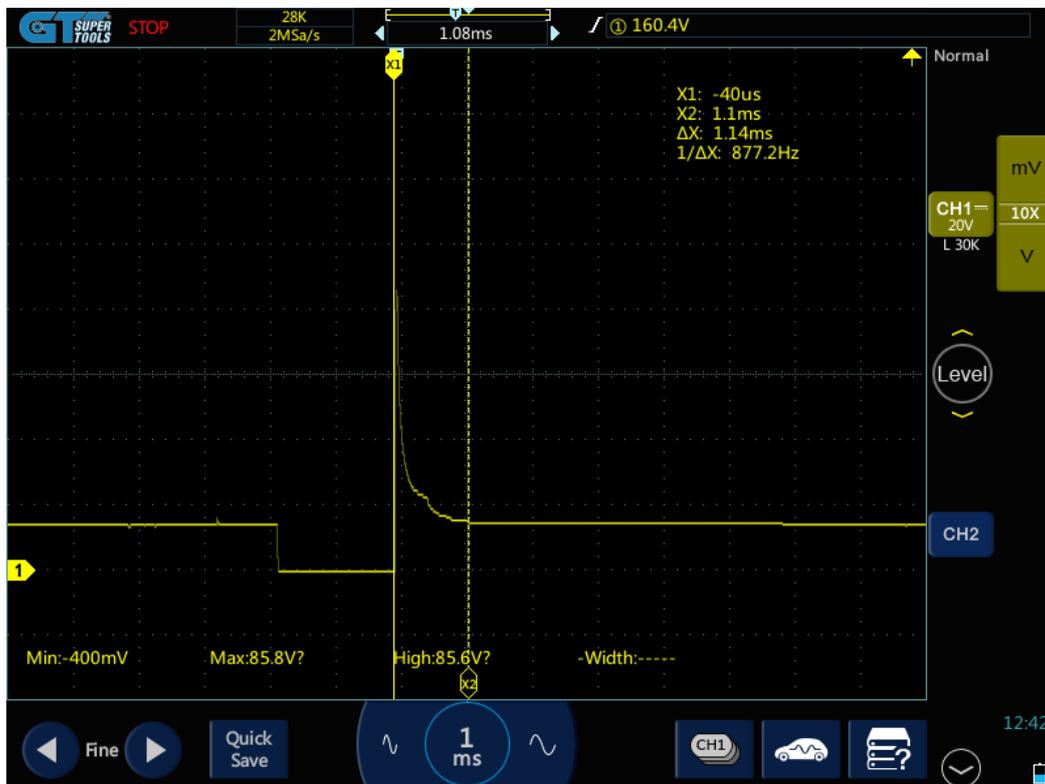
**Figura 3.34** Tiempo de pulso de inyección.

La **Figura 3.34** indica en el eje x el tiempo de inyección de combustible de 1.82 ms, por lo cual se puede decir que está dentro de los rangos de funcionamiento establecidos en la **Tabla 3.10**.



**Figura 3.35** Tensión generada en el inyector.

En la **Figura 3.35** se ve una tensión de voltaje de 86.8 V generada por el cierre del inyector, es decir la interrupción de carga de la bobina del inyector. Este voltaje es menor comparado con el de ralentí debido a que el tiempo de inyección es menor, es decir el tiempo de carga de la bobina del inyector es menor, por lo cual la tensión que se genera tiende a disminuir.

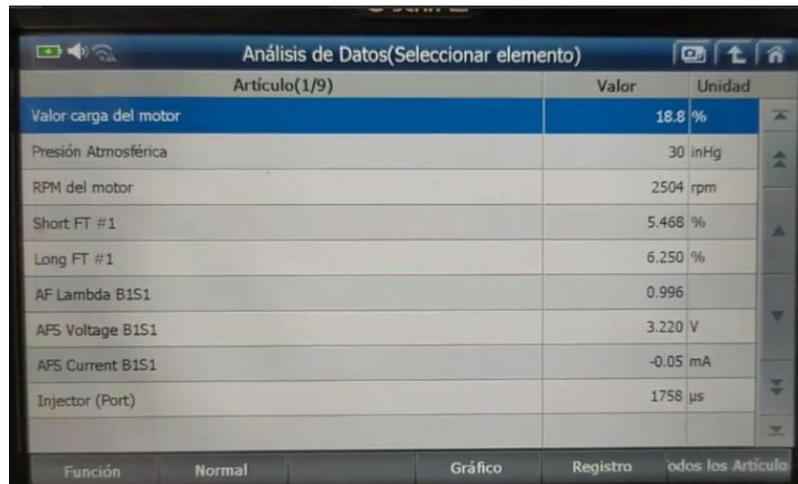


**Figura 3.36** Cierre del inyector.

En la **Figura 3.36** se observa ciertas oscilaciones después del pico de tensión de voltaje, indicando el cierre completo del inyector. Este proceso dura aproximadamente 1.14 ms.

**Tabla 3.12** valores de inyector con aceleración

Punto	Valor	Descripción
1	1.8 ms	Pulso de Inyección
2	86.8 V	Pico de Tensión
3	1.14 ms	Cierre del inyector



Artículo(1/9)	Valor	Unidad
Valor carga del motor	18.8	%
Presión Atmosférica	30	inHg
RPM del motor	2504	rpm
Short FT #1	5.468	%
Long FT #1	6.250	%
AF Lambda B1S1	0.996	
AFS Voltage B1S1	3.220	V
AFS Current B1S1	-0.05	mA
Injector (Port)	1758	µs

**Figura 3.37** Ajuste de combustible acelerado.

La **Figura 3.37** muestra los valores en tiempo real del ajuste de combustible que realiza la ECM cuando el vehículo se encuentra acelerado. En este punto el vehículo entra en Open Loop, lo que significa que no recibe ninguna retroalimentación por parte del sensor de oxígeno, suministrando mayor combustible de lo normal con el fin de satisfacer las demandas de potencia a las cual está sometido el motor al momento de acelerar. Mientras tanto el ajuste de combustible a largo plazo LFT tiene guardado en la memoria un promedio de valores de 6.2% que permite a la unidad de control proporcionar el ajuste combustible para compensar desviaciones persistentes y garantizar que la mezcla se encuentre en estado óptimo.

#### ***3.1.14 Análisis de los resultados obtenidos del inyector en ralentí vs acelerado.***

Gracias a los resultados obtenidos del inyector usando los diferentes equipos de diagnóstico, se puede realizar un análisis más eficaz de los inyectores en la estequiometría. Con el uso del multímetro automotriz se logró medir la resistencia de los inyectores obteniendo valores que se encuentran dentro del rango de funcionamiento como indica el manual.

En los oscilogramas se puede ver la variación que existe en el pulso de inyección al instante de aplicar una aceleración. En este diagnóstico se debe tomar en cuenta que, al instante

de apretar el acelerador, el vehículo entra en Open Loop y no recibe retroalimentación del sensor de oxígeno, por tal motivo, la unidad de control proporciona mayor cantidad de combustible para compensar las altas demandas a las que se encuentra el motor, llegando a tener pulsos de inyección de 3ms aproximadamente, pero mientras se mantiene acelerado el vehículo, estos pulsos de inyección disminuyen aproximadamente a 1.7 ms. En este punto el tiempo de inyección es menor, pero la frecuencia de inyecciones aumenta, a diferencia de cuando el vehículo se encuentra en ralentí y no sufre ninguna exigencia.

En las gráficas se observa el tiempo de inyección que tiene el vehículo en el momento de estar en ralentí y la variación que tiene al instante de acelerar. Además, se debe tomar en cuenta que no existe un ajuste de combustible cuando el vehículo entra en Open Loop, debido a que no recibe una retroalimentación por parte del sensor de oxígeno. Durante la aceleración no existe una mezcla estequiométrica=1, la unidad de control aumenta el suministro de combustible con el único objetivo de acoplarse a las altas demandas a las que se encuentra el motor. Mientras que en ralentí si existe un ajuste de combustible de 1.5% aproximadamente, esto indica que la unidad de control aumenta el combustible en la mezcla estequiométrica para mantenerla estable. El resultado se observa en el sensor de oxígeno de banda ancha el cual oscila con valores cercanos a 1 en el factor lambda, 3,3V en el voltaje y con valores cercanos a 0 en la corriente.

### ***3.1.15 Resultado de las señales y valores del circuito secundario de la bobina en ralentí vs acelerado***

Para el sistema de encendido únicamente se tomó en consideración el circuito secundario de la bobina con el objetivo de analizar el tiempo de quemado. Este tiempo debe estar en un rango de 1 a 1.7 milisegundos para verificar el correcto funcionamiento de la bobina y asumir que la combustión dentro de los cilindros será completa con el fin de tener una

estequiometría ideal. Si existe una variación en los valores obtenidos se asume que pueden ser por desgaste de bobinas o fallas en otros componentes del sistema de encendido como las bujías. (López Cristian & Benitez Jorge, 2023)

### 3.1.15.1 Bobina 1 en ralentí y acelerado



Figura 3.38 Tiempo de quemado Bobina 1 en ralentí



Figura 3.39 Tiempo de quemado bobina 1 con aceleración

**Tabla 3.13** Tiempo de quemado para la bobina 1 y su patrón de encendido.

<b>Oscilograma Circuito Secundario de la bobina 1</b>	
Tiempo de quemado en ralentí	1.3 ms
Tiempo de quemado en aceleración	1.1 ms

### 3.1.15.2 Bobina 2 en ralentí y acelerado



**Figura 3.40** Tiempo de quemado Bobina 2 en ralentí



**Figura 3.41** Tiempo de quemado bobina 2 aplicando una aceleración

**Tabla 3.14** Tiempo de quemado para la bobina 2 y su patrón de encendido.

<b>Oscilograma Circuito Secundario de la BOBINA 2</b>	
Tiempo de quemado en ralentí	1.3ms
Tiempo de quemado en aceleración	1.2 ms

### 3.1.15.3 Bobina 3 en ralentí y acelerado



Figura 3.42 Tiempo de quemado Bobina 3 en ralentí



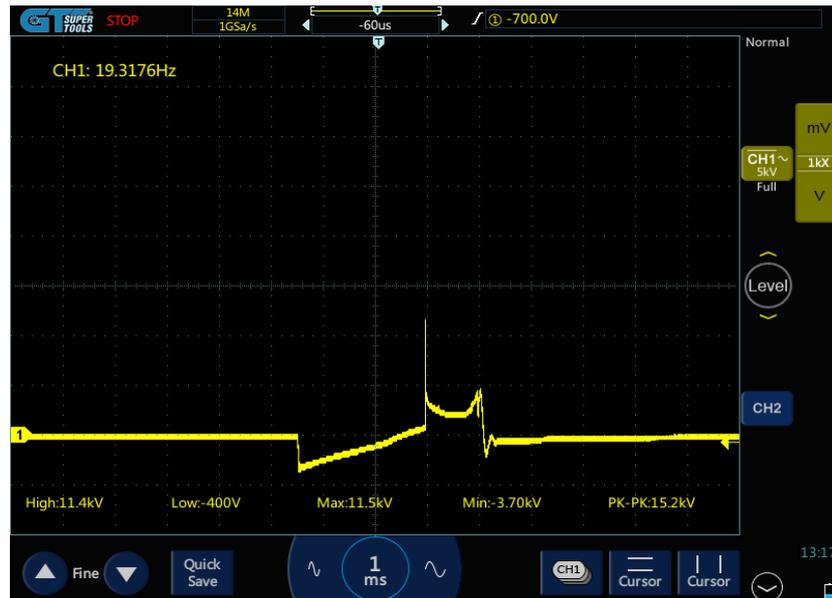
Figura 3.43 Tiempo de quemado Bobina 3 con aceleración

**Tabla 3.15** Tiempo de quemado para la bobina 3 y su patrón de encendido

<b>Oscilograma Circuito Secundario de la bobina 3</b>	
Tiempo de quemado en ralentí	1.4 ms
Tiempo de quemado en aceleración	1.2 ms

### 3.1.15.4 Bobina 4 en ralentí y acelerado

**Figura 3.44** Tiempo de quemado Bobina 4 en ralentí



**Figura 3.45** Tiempo de quemado bobina 4 con aceleración

La **Tabla 3.8** muestra el tiempo de quemado para la bobina 4 y su patrón de encendido.

<b>Oscilograma Circuito Secundario de la BOBINA 4</b>	
Tiempo de quemado en ralentí	1.2 ms
Tiempo de quemado en aceleración	1 ms

### **3.1.16 Análisis de los resultados obtenidos de las bobinas en ralentí y acelerado**

Los oscilogramas obtenidos de cada una de las bobinas reflejan las diferentes variaciones estequiométricas que suceden al pasar de ralentí a acelerado. Al analizar el tiempo de quemado en cada uno de los oscilogramas de cada bobina se ve la variación que existe debido a la exigencia de potencia del motor, es decir, durante la aceleración la demanda de potencia aumenta, por tal motivo el tiempo de quemado disminuye buscando una combustión más rápida y eficiente.

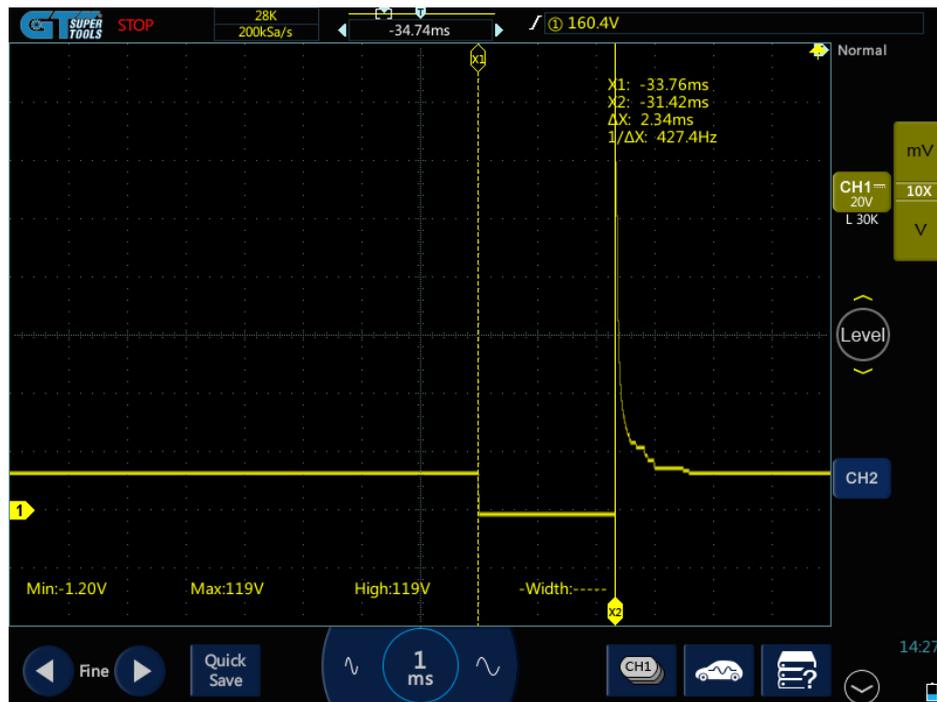
Los valores obtenidos en cada una de las bobinas indican que se encuentran trabajando dentro del rango de funcionamiento indicado por el fabricante. La variación del tiempo de quemado tiene como fin ajustar el tiempo de chispa para optimizar la combustión en función de la carga y la velocidad del motor, sin embargo, se debe tomar en cuenta que en caso de que los valores no se encuentren dentro del rango estimado por el fabricante, puede deberse a distintas fallas en los diferentes componentes del vehículo ya sea bujías, inyectores, sensores, entre otros, provocando que no se realice una mezcla estequiométrica ideal.

De tal manera, basándose en los oscilogramas obtenidos por el osciloscopio automotriz, se puede realizar una inspección de las posibles fallas que pueden existir al momento de realizar los ajustes de combustible necesarios para mantener una mezcla estequiométrica ideal.

### ***3.1.17 Simulación de fallas***

#### **3.1.17.1 Resultados obtenidos al desconectar un inyector.**

En la primera prueba de falla, se realizó un diagnóstico de los inyectores y del circuito secundario de la bobina del sistema de encendido al momento de desconectar un inyector.



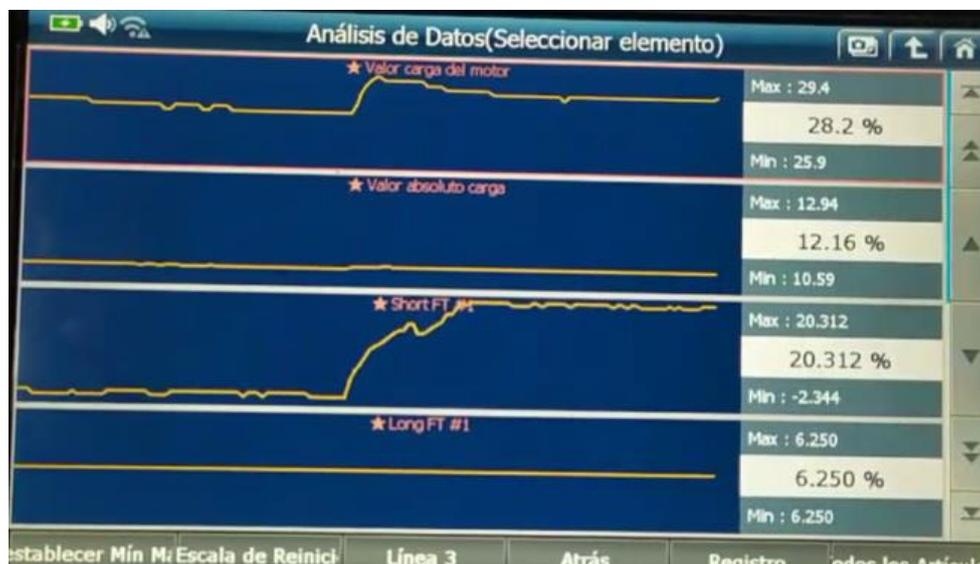
**Figura 3.46** Variación del pulso de inyección al desconectar un inyector

En la **Figura 3.46** se observa un tiempo de inyección de 2.34 ms al momento de desconectar un inyector mientras el vehículo se encuentra en ralentí. El pulso de inyección aumenta debido a la corrección inmediata que realiza la unidad de control para mantener el equilibrio en la relación aire-combustible evitando un mal funcionamiento del motor.



**Figura 3.47** Tiempo de quemado al desconectar un inyector

En la **Figura 3.47** se muestra un oscilograma que proviene del secundario de la bobina 3 en la cual se analiza su tiempo de quemado de aproximadamente 1.3 ms. El tiempo de quemado no presenta gran variación a pesar de desconectar el inyector, sin embargo, se encuentra dentro del rango de funcionamiento permitiendo que la combustión de la mezcla aire-combustible sea eficiente.



**Figura 3.48** Ajuste de combustible SFT al desconectar un inyector



**Figura 3.49** Retroalimentación del Sensor de Oxígeno al desconectar un inyector.

En la **Figura 3.48** se observa el ajuste de combustible a corto plazo que realiza la unidad de control al instante de desconectar un inyector. Además, se puede apreciar como la carga del motor aumenta a un 30% aproximadamente. El SFT toma valores de 20,3% lo que indica que la unidad de control ECM se encuentra inyectando más combustible para compensar la deficiencia existente en el motor. En la **Figura 3.49** se observa la retroalimentación del sensor de oxígeno, indicando que la mezcla estequiométrica se mantiene estable después de realizar los ajustes de combustible, con valores cercanos a 1 en el factor lambda y una corriente positiva de 0.08mA indicando que se encuentra en mezcla pobre.

### 3.1.17.2 Análisis de la estequiometría según los resultados obtenidos al desconectar un inyector

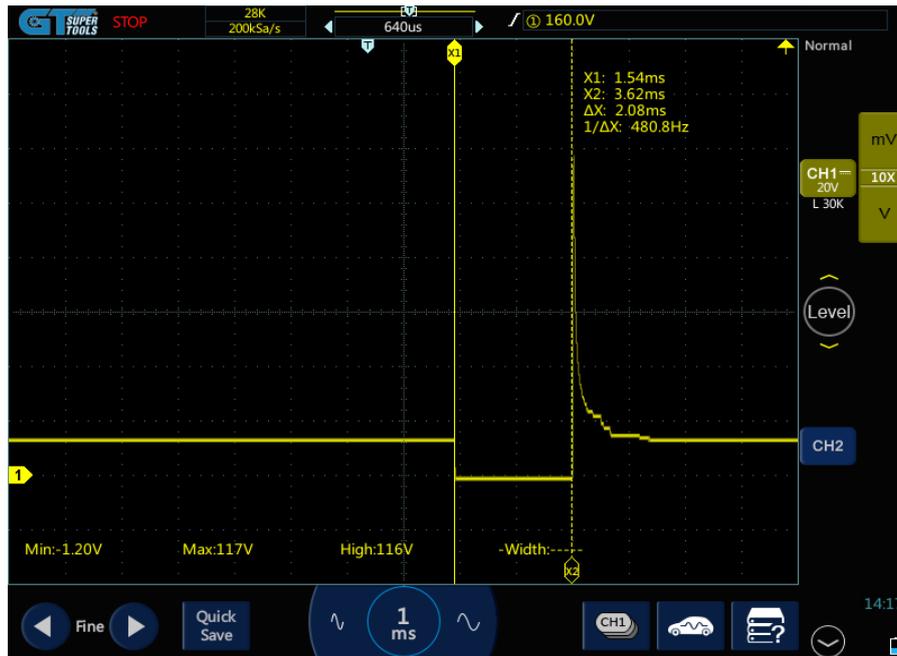
Una vez realizada la prueba de falla al desconectar un inyector se puede verificar como la unidad de control realiza los ajustes de combustible necesarios para mantener una mezcla estequiométrica eficiente. Estos ajustes los verifica gracias a los oscilogramas obtenidos de los inyectores, en los cuales se puede ver como el tiempo de inyección aumenta con el objetivo de

compensar la mezcla pobre generada en el motor. Del mismo modo al analizar el tiempo de quemado se observa que no presenta una gran variación en el intervalo de funcionamiento óptimo, a pesar de haber desconectado un inyector. Sin embargo, el tiempo de quemado se encuentra dentro del rango de funcionamiento, manteniendo una combustión completa en los cilindros con el objetivo de mantener un correcto funcionamiento del motor y procurar una mezcla estequiométrica.

Gracias a la retroalimentación del sensor de oxígeno la unidad de control permite proporcionar más combustible para compensar la deficiencia existente en el cilindro con el inyector desconectado. Esta variación de ajuste se observa en la **Figura 3.48** en la cual el porcentaje del SFT aumenta considerablemente con el fin de mantener una mezcla estequiométrica estable, como se refleja en el sensor de oxígeno con un factor lambda cercano a 1 y una corriente cercana a 0.

### **3.1.17.3 Resultados obtenidos al desconectar una bobina.**

En la segunda simulación de falla, se realizó un diagnóstico de los inyectores y del circuito secundario de la bobina del sistema de encendido al momento de desconectar una bobina.



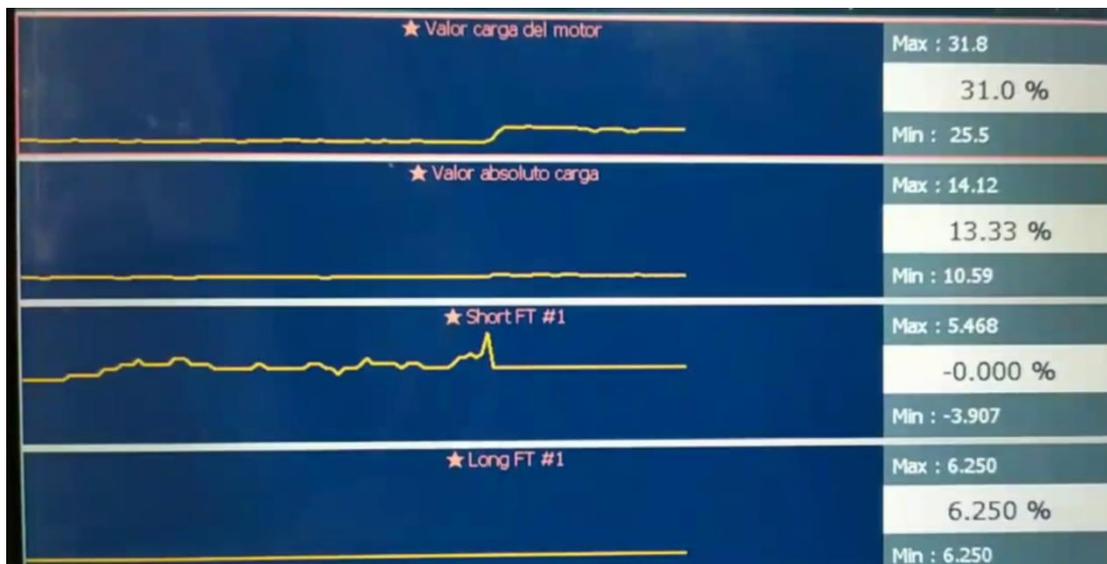
**Figura 3.50** Variación del pulso de inyección al desconectar una bobina

La **Figura 3.50** indica un tiempo de inyección de 2.08 ms al momento de desconectar una bobina mientras el vehículo se encuentra en ralentí. El pulso de inyección aumenta para compensar la falta de combustión en el cilindro sin chispa.

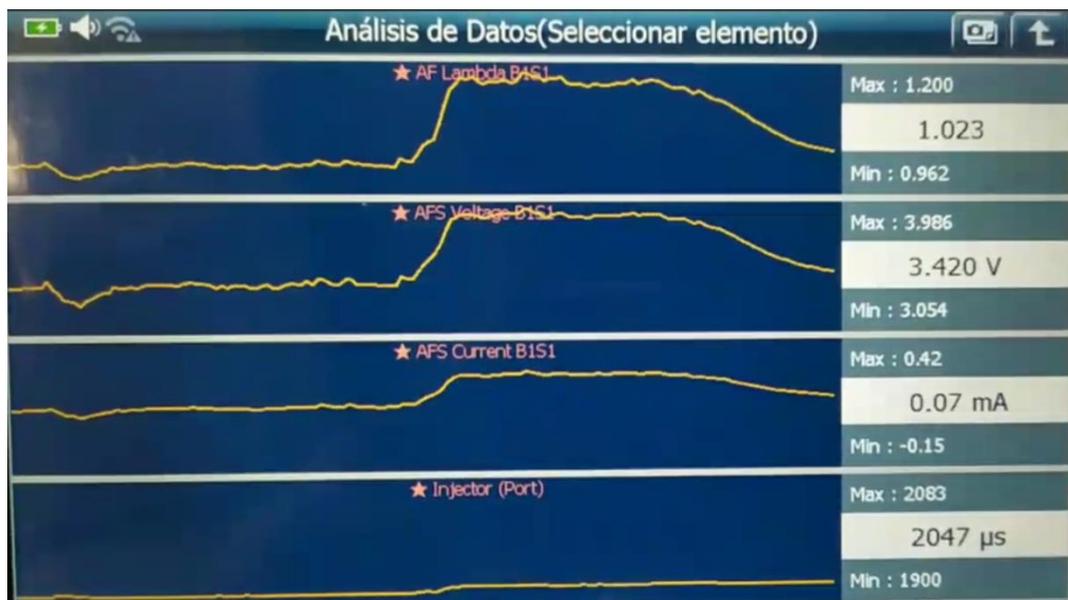


**Figura 3.51** Tiempo de quemado al desconectar una bobina

La **Figura 3.51** muestra un oscilograma que proviene del secundario de la bobina 3 en la cual se analiza su tiempo de quemado de aproximadamente 1.37 ms, el tiempo de quemado es ligeramente alto porque la chispa debe tener mayor duración debido a que la mezcla aire-combustible es alta en los cilindros activos.



**Figura 3.52** Ajuste de combustible SFT al desconectar una bobina



**Figura 3.53** Valores del Sensor de oxígeno al desconectar una bobina

En esta prueba de falla el vehículo entra en OPEN LOOP FAULT lo que significa que la ECM no está utilizando la retroalimentación de los sensores para ajustar la mezcla aire-combustible. La **Figura 3.52** indica un aumento de la carga y una falta de ajuste de combustible a corto plazo, con valores de 0% en el SFT. En la **figura 3.53** se observa el aumento de tiempo de inyección y de los valores del sensor de oxígeno, pero sin enviar una retroalimentación a la unidad de control ECU. Según la gráfica del sensor de oxígeno se observa que al instante de desconectar la bobina se aumenta el factor lambda indicando que la mezcla es pobre, después de un tiempo se estabiliza y se encuentra oscilando entre mezcla pobre y rica con un factor estequiométrico más estable en 1 y una corriente cercana a 0.

#### **3.1.17.4 Análisis de la estequiometría según los resultados obtenidos al desconectar una bobina.**

Al desconectar una bobina como prueba de falla, se obtuvo como resultado un misfire o más conocido como chispa perdida. En este punto se pudo verificar como el vehículo entra en un estado de OPEN LOOP FAULT lo que significa que la unidad de control ECM no recibe una retroalimentación por parte del sensor de oxígeno, por tal motivo no hay un ajuste de combustible a corto plazo para mantener una mezcla estequiométrica ideal.

En los oscilogramas del inyector de la **Figura 3.50** se observa como el tiempo de inyección aumenta así como el tiempo de quemado en los oscilogramas de la **Figura 3.51**, sin embargo, estas correcciones no se basan en una retroalimentación del sensor de oxígeno con el fin de evitar ajustes incorrectos de la mezcla aire-combustible. En este punto la unidad de control ECM opera en lazo abierto, proporcionando combustible sin recibir una retroalimentación en tiempo real.

Sin embargo, en la **Figura 3.53** se observa como los valores del sensor de oxígeno tienden a mantenerse estables con el tiempo gracias a que la unidad de control aumenta el ancho de pulso de inyección.

## CAPITULO IV

### 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

- El diagnóstico realizado mediante el uso del osciloscopio automotriz al sistema integral del motor en distintas pruebas, verificó que la relación aire-combustible no permanece estequiométrica. Durante las pruebas de arranque y aceleración el vehículo entro en modo Open Loop provocando que no exista un ajuste de combustible en base a una retroalimentación por parte del sensor de oxígeno provocando que la mezcla aire-combustible no sea estable y tenga valores distantes a 1 en lambda, 3.3 en voltaje y 0 en corriente. Sin embargo, cuando el vehículo se encontraba en ralentí se verificó una relación aire-combustible estable con un tiempo de inyección de 1.8ms y un tiempo de quemado de 1.3ms, provocando que el factor lambda sea cercano a 1, el voltaje a 3.3 y la corriente a 0.
- El diagnóstico que se realizó cuando el vehículo pasa de contacto a arranque mostró que la relacion aire-combustible no se encontraba estequiométrica. Durante el análisis se observó la variación de voltaje en los sensores que miden la presión y flujo de aire en el sistema de admisión, mostrando una cambio de voltaje en el sensor MAP de 2.98V a 1.74V y en el sensor MAF de 0.76 V a 1.98V mientras la temperatura del motor era de 20°C, indicando el aumento del flujo de aire y la disminución del vacío en el múltiple de admisión al instante de dar arranque, provocando que la unidad de control ECM aumente el volumen de inyección de combustible y el tiempo de quemado sea mayor a 1.3ms con el fin de tener una combustión más eficiente para tener un eficaz funcionamiento en arranque. En ese instante el vehículo se encontraba en Open Loop

lo que significa que la ECM no recibía retroalimentación por parte del sensor de oxígeno, provocando una mezcla aire-combustible rica, lo cual se verificó con los valores del sensor lambda menores a 1, voltajes menores a 3.3 y una corriente menor a 0.

- El análisis realizado en la prueba de ralentí vs acelerado indicó que la mezcla aire-combustible no se mantiene estequiométrica. El factor lambda menor a 1, voltaje menor a 3.3 V y una corriente menor a cero indican una mezcla-aire combustible rica. Esto se debe al mayor volumen de inyección de combustible que proporcionó la ECM con 3ms en el pulso de inyección para compensar las exigencias a las que se encontraba el motor al instante de dar arranque con el fin de lograr una combustión eficiente para un correcto funcionamiento de manejo. Sin embargo, a medida que la aceleración continuaba el tiempo de inyección disminuyó a 1.7 ms, pero la frecuencia de inyecciones aumentó logrando satisfacer las altas demandas de potencia a la que es expuesta el motor. Del mismo modo el tiempo de quemado en las bobinas durante la aceleración disminuyó a 1.2 ms con el fin de buscar una combustión más rápida y eficiente.
- Al realizar la prueba de falla al desconectar un inyector se verificó como la unidad de control realizó los ajustes de combustible necesarios para mantener una mezcla estequiométrica eficiente. Durante el análisis el ajuste de combustible a corto plazo SFT tomó valores altos de 20% indicando el mayor suministro de combustible realizado por la ECM. Del mismo modo se observó como el tiempo de inyección aumentó a 2ms con el fin de compensar la mezcla pobre generada en el motor. A su vez el tiempo de quemado tomó valores de 1.3 ms para que la combustión en los cilindros sea eficiente. Gracias a las correcciones realizadas por la ECM la relación aire-combustible se mantuvo estequiométrica con valores de lambda de 1.03, voltaje de 3.4 y corriente de

0.08 mA.

- En la prueba de falla al desconectar una bobina provocó un misfire y se observó que no existe un ajuste de combustible, provocando que la mezcla estequiométrica no sea estable y la relación aire combustible sea pobre con un valor  $\lambda$  de 1.2, voltaje de 3.9V y corriente de 0.4mA. La ECM entró en modo Open Loop fault y dejó de recibir retroalimentación por parte del sensor de oxígeno, en este punto la ECM aumentó el tiempo de inyección a 2ms y el tiempo de quemado aumentó ligeramente, sin embargo, regresó a los rangos de funcionamiento óptimos para realizar una combustión completa.
- En base a las pruebas y análisis realizados se logró crear una metodología que constituye una guía completa y práctica para llevar a cabo diagnósticos estequiométricos en motores similares al 2ZR-FXE. Desde la identificación de los equipos necesarios hasta la conexión con los componentes del sistema, la guía ofrece una referencia meticulosa y detallada. La guía se realizó en la ciudad de Ibarra a una altura de 2225 msnm a una presión de 78kPa y una temperatura de 21°C con el uso de un combustible de 92 octanos. Los valores y resultados obtenidos no solo respaldan la eficacia de la metodología, sino que también establecen un conjunto valioso de referencias prácticas para análisis futuros. La claridad en la exposición de los pasos asegura una implementación precisa, permitiendo una evaluación exhaustiva de cada componente crítico del motor durante el diagnóstico estequiométrico. Enfocándose tanto en la teoría como en la aplicación práctica, la guía proporciona un marco de referencia tangible para profesionales, facilitando comparaciones significativas y decisiones informadas en futuros diagnósticos.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Se aconseja extender el análisis estequiométrico realizando pruebas con combustibles de distinto octanaje. Esta medida permitirá evaluar y comprender las posibles variaciones en la mezcla estequiométrica.
- Se sugiere realizar un mantenimiento a las bujías del sistema de encendido y replicar este análisis bajo las mismas condiciones con el fin de evaluar y comparar la variación que pueda tener la mezcla estequiométrica.
- Realizar un mantenimiento o sustitución a los inyectores con el objetivo de verificar si existe una variación en el tiempo de inyección en las diferentes pruebas propuestas en este trabajo de estudio, evitando que existan obstrucciones en la inyección de combustible.
- Revisar posibles obstrucciones y realizar un mantenimiento al sistema de admisión con la intención de tener un flujo nítido de aire y verificar si existe una variación en la mezcla aire-combustible comparando los valores con los obtenidos en este trabajo de estudio.
- Se aconseja mantener actualizados los softwares de los equipos de diagnóstico para garantizar un análisis preciso sin falencias en los valores. Asimismo, se sugiere realizar investigaciones continuas en equipos y manuales técnicos con el propósito de mejorar las capacidades en el diagnóstico estequiométrico con osciloscopio.

## 5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. 2010 *Toyota Prius Repair Manual FOREWORD*. (2010). <http://techinfo.toyota.com>.
2. Abraham Larico Huanca. (2018). *“DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ENCENDIDO POR BOBINAS INDEPENDIENTES COP (BOBINA DE ENCENDIDO SOBRE LA BUJÍA) DEL MOTOR TOYOTA 1AZ FSE” Presentado por: ABRAHAM LARICO HUANCA.*
3. Amán Alexandra, & Castelo Juan. (2012). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO “CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MONOTRONIC Mp 9.0 DE VOLKSWAGEN GOL 1.8 MODELO 2002 PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ” Previa a la obtención del Título de: INGENIERO AUTOMOTRIZ.*
4. Autingo. (2015). *Mezcla rica y Mezcla pobre*. <https://blog.autingo.es/2015/04/15/mezcla-rica-y-mezcla-pobre/>
5. Benavides Ignacio, & Murillo Christian. (2012). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA.*
6. Bolivar Mera. (2016). *II UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ CERTIFICADO.*
7. BOSCH. (n.d.). *Multímetro profesional | Diagnóstico Bosch*. Retrieved November 13, 2023, from <https://cdr.boschdiagnostics.com/diy/products/professional-multimeter>
8. Calderón Alex. (2012). *OPTIMIZACIÓN DE LA POTENCIA EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA GASOLINA MEDIANTE EL CONTROL DE AJUSTES DE COMBUSTIBLE Y EL MONITOREO DEL SENSOR DE OXÍGENO.*
9. CISE, E. (2010). *Sistemas de encendido* (Vol. 5411, Issue 786). <http://www.cise.com>
10. De, C., Castillo, F. X., Andrés, M., & Brito, A. T. (2011). *ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA.*
11. Donado Armando. (2020, December 18). *Tipos de herramientas para el Diagnóstico Automotriz*. <https://autosoporte.com/tipos-de-herramientas-para-el-diagnostico-automotriz/>

12. E-auto. (2012, August 23). *Lazo Abierto y Lazo Cerrado en la Inyección*. <https://www.e-auto.com.mx/enev/index.php?view=article&id=3438-lazo-abierto-y-lazo-cerrado-en-la-inyeccion>
13. E-auto. (2019). *Inyectores, Compatibilidad con la ECU - e-auto.com.mx - El Sitio de los Mecánicos y Refaccionarios*. <https://www.e-auto.com.mx/enev/index.php?view=article&id=7175>
14. Electric and Hybrid-Electric Vehicles - Engines and Powertrains. (2010). *Electric and Hybrid-Electric Vehicles - Engines and Powertrains*. <https://doi.org/10.4271/PT-143/3>
15. Fidalgo Rubén. (2019). *Mezcla estequiométrica - ¿Qué es Mezcla estequiométrica? / Diccionario Autocasión*. <https://www.autocasion.com/diccionario/mezcla-estequiometrica>
16. FITSA. (2008). *combustibles y tecnologías de propulsión: Situación y perspectivas para automoción*.
17. Gaviria Jorge, Mora Jorge, & Agudelo John. (2002). Vista de Historia de los motores de combustión interna. *Revista Facultad de Ingeniería UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA*. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/326361/20783635>
18. G-SCAN OCEANIA. (2019). *G-Scan* 2. [https://www.gscan.com.au/index.php?route=product/product&product\\_id=52](https://www.gscan.com.au/index.php?route=product/product&product_id=52)
19. HELLA. (n.d.). *Sonda lambda*. Retrieved November 8, 2023, from <https://www.hella.com/techworld/es/Informacion-Tecnica/Sensores-y-actuadores/Revision-de-la-sonda-lambda-4379/>
20. Henao-Castañeda, É., Romero-Piedrahíta, C., & Monroy-Jaramillo, M. (2018). Ciclo Atkinson: una alternativa para mejorar la eficiencia en motores de combustión interna. *Revista UIS Ingenierías*, 18(2), 167–176. <https://doi.org/10.18273/revuin.v18n2-2019016>
21. Jiménez Jonathan. (2016). *UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ CERTIFICADO*.
22. Juan, I., & Castro, J. (2016). *UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ CERTIFICADO*. 15–17. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1593/1/T-UIDE-112.pdf>
23. Km77. (2012). *Toyota Prius 1.8 HSD Eco (2010-2012) | Precio y ficha técnica - km77.com*. <https://www.km77.com/coches/toyota/prius/2009/5-puertas/eco/prius->

18-hsd-eco/datos

24. López Cristian, & Benitez Jorge. (2023). *Universidad Técnica del Norte FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ Tema: Diagnóstico Estequiométrico con Osciloscopio / Análisis del sistema de encendido del motor 2ZR-FXE Autores.*
25. Michael Arboleda, & Marlon Hernández. (2023). *ANÁLISIS DEL NIVEL DE OCTANAJE EN COMBUSTIBLES COMERCIALIZADOS EN ECUADOR Y SU REPERCUSIÓN EN EL DESEMPEÑO DEL MCI.*
26. Payri, F., & Desantes, J. M. (2011). *Motores de combustión interna alternativos.* [www.reverte.com](http://www.reverte.com)
27. Ramos, C., Javier, E., Duque, K., & Gustavo, J. (2006). *ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL ESCUELA DE INGENIERÍA CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DEL PARQUE AUTOMOTOR DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO Y PROPUESTA PARA LA REFORMA DE LA NORMATIVA ECUATORIANA DE EMISIONES EN FUENTES MÓVILES TERRESTRES PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO.*
28. Rovira de Antonio, A. J., & Muñoz Domínguez, M. (2015). *MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA - Google Libros.* Universidad Nacional de Educación a Distancia Madrid . [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=-EfLCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA6&dq=funcionamiento+de+los+motores+de+combusti%C3%B3n+interna+&ots=D1bkwFpv2x&sig=LxTfqpKGm\\_N0O\\_uuRvSzJBnffII#v=onepage&q=funcionamiento%20de%20los%20motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=-EfLCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA6&dq=funcionamiento+de+los+motores+de+combusti%C3%B3n+interna+&ots=D1bkwFpv2x&sig=LxTfqpKGm_N0O_uuRvSzJBnffII#v=onepage&q=funcionamiento%20de%20los%20motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna&f=false)
29. Toyota Argentina S.A. (2021). *Nuevo Toyota Prius.*
30. Toyota Motor Corporation. (2009). *2010 Toyota Prius Repair Manual FOREWORD.* <http://techinfo.toyota.com>.

## ANEXOS

### ANEXO 1: EQUIPOS DE MEDICION



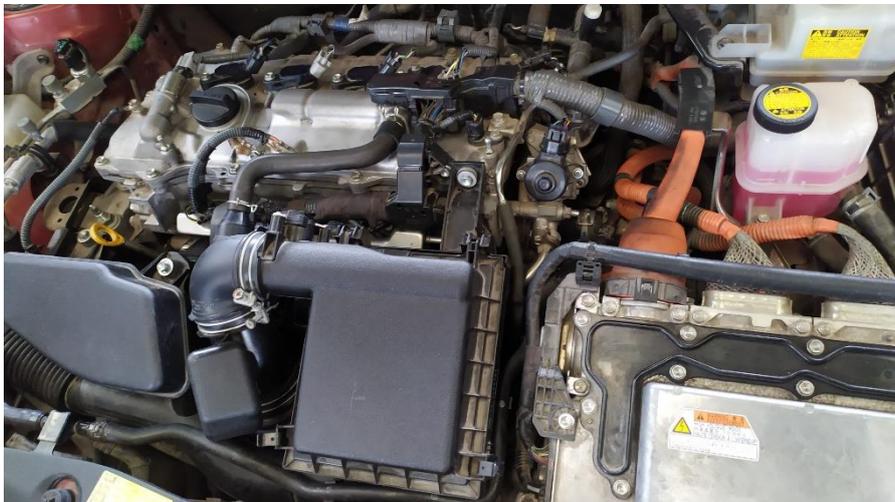
**AI 1:** Equipos utilizados para la medición.



**AII 2:** Toyota Prius de tercera generación.



**AI 3:** Toma de valores con el multímetro automotriz.



**AI 4:** Motor y sistemas de estudio.



**AI 5:** Toma de valores con el osciloscopio automotriz.

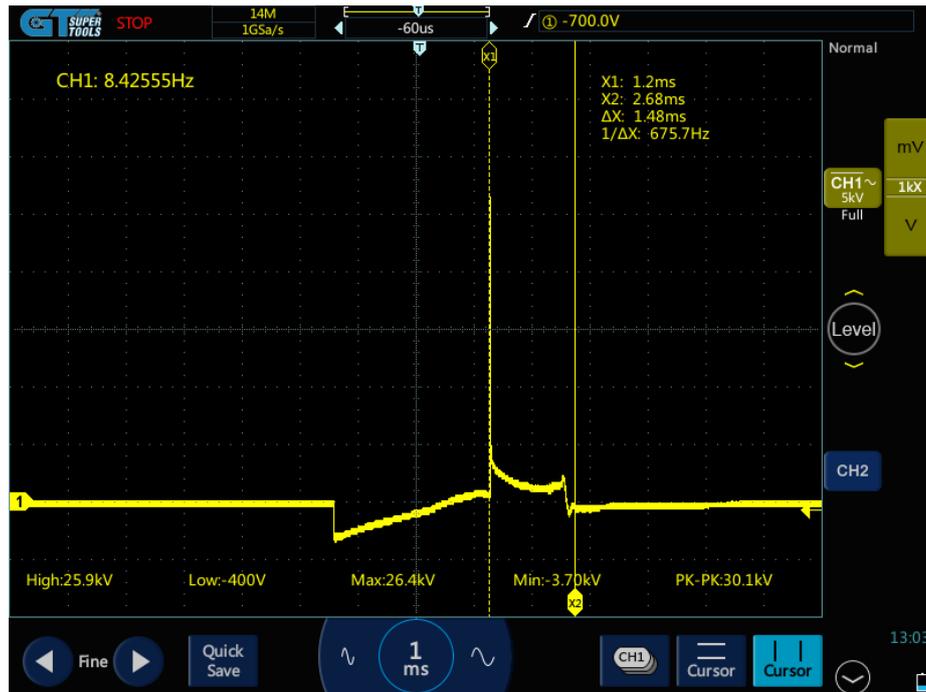


**AI 6:** Toma de valores con el scanner automotriz.

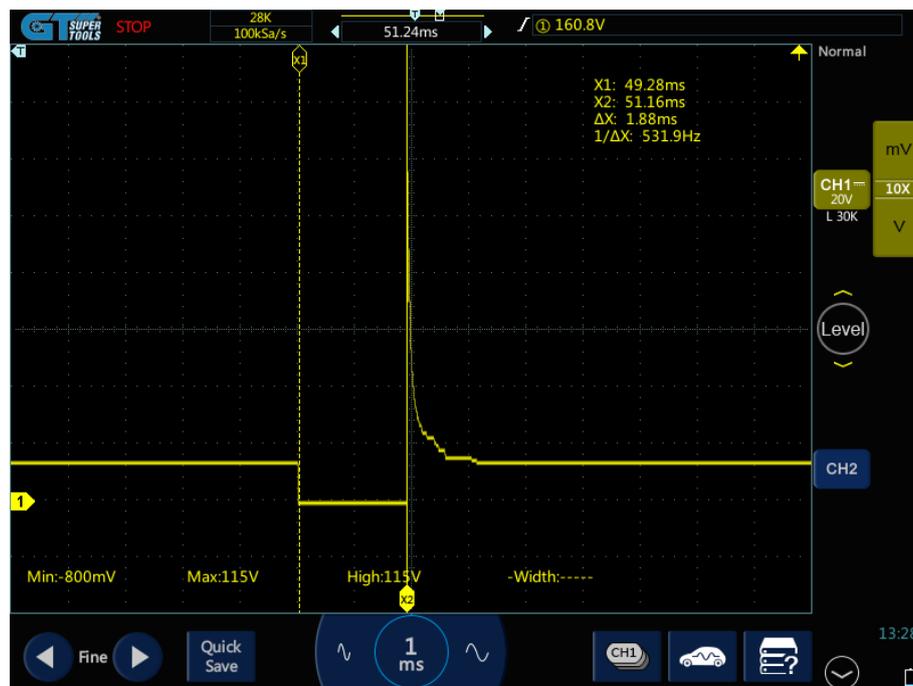
## ANEXO II: CONDICIONES Y VALORES OBTENIDOS

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉTODO DE ENSAYO
Número de octano Research (RON)	RON	92.0	--	NTE INEN 2102
Destilación :				NTE INEN 926
10%	°C	--	70	
50%	°C	77	121	
90%	°C	--	190	
Punto final	°C	--	220	
Residuo de destilación, $\phi_r$	%	--	2	
Relación vapor – líquido, a 60°C, V/L	--	--	20	NTE INEN 932 ASMT D 5188
Presión de vapor	kPa	--	60	NTE INEN 928 ASTM D 4953 ASTM D 5191
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50°C)	--	--	1	NTE INEN 927
Contenido de gomas	mg/100 cm <sup>3</sup>	--	4,0	NTE INEN 933
Contenido de azufre	ppm	--	650	NTE INEN 929 ASTM D 4294
Contenido de aromáticos, $\phi_a$	%	--	35,0	NTE INEN 2252 ASTM D 6730
Contenido de benceno, $\phi_b$	%	--	2,0	ASTM D 3606 ASTM D 5580 ASTM D 6277 ASTM D 6230
Contenido de olefinas, $\phi_o$	%	--	25,0	NTE INEN 2252 ASTM D 6730
Estabilidad a la oxidación	min.	240	--	NTE INEN 934 ASTM D 7525
W contenido de oxígeno	%	--	2,7	ASTM D 4815 ASTM D 5845 ASTM D 6730
Contenido de plomo	mg/l	--	No detectado	ASTM D 3237 ASTM D 5185
Contenido de manganeso	mg/l	--	No detectado	ASTM D 3831 ASTM D 5185
Contenido de hierro	mg/l	--	No detectado	ASTM D 5185

### A II 1 Especificaciones de la Gasolina super 92 octanos



A II 2 Oscilograma del circuito secundario de la bobina.



A II 3 Oscilograma del inyector.

Sensor	Estado	Señal	Escáner	Sensor O <sub>2</sub>	Detalle
MAP	Contacto	2.98 V	23 inHg	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lambda</li> <li>• Voltaje (V)</li> <li>• Corriente (mA)</li> </ul>	No existe una retro alimentación (all systems off).
	Arranque	1.74–2.02 (V)	23–10 (inHg)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lambda &gt;1</li> <li>• Voltaje &gt; 3.3 (V)</li> <li>• Corriente &gt; 0 (mA)</li> </ul>	Se genera el arranque. Mayor flujo de aire mezcla pobre la ECM opera en Open Loop.
	Ralentí	1.34 V	7 inHg	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lambda =1</li> <li>• Voltaje = 3.3 (V)</li> <li>• Corriente = 0 (mA)</li> </ul>	En ralentí existe un monitoreo por parte del sensor O <sub>2</sub> . Mezcla aire-combustible ideal valores cercanos.
	Acelerado	2.02-0.92 (V)	7-14 (inHg)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lambda &lt; 1</li> <li>• Voltaje &lt; 3.3 (V)</li> <li>• Corriente &lt; 0 (mA)</li> </ul>	El vehículo pasa de Closed Loop a Open Loop donde la ECM no recibe retroalimentación por parte del sensor de oxígeno por ende existe una mezcla rica.
MAF	Contacto	0.76 V	0.20 g/seg	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lambda</li> <li>• Voltaje (V)</li> <li>• Corriente (mA)</li> </ul>	No existe una retro alimentación (all systems off).
	Arranque	0.76-1.98 (V)	0.20-5.6 (g/sec)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lambda &gt;1</li> <li>• Voltaje &gt; 3.3 (V)</li> <li>• Corriente &gt; 0 (mA)</li> </ul>	La unidad de control registra una mezcla pobre y opera en Open Loop.
	Ralentí	1.50 V	1.98 g/sec	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lambda =1</li> <li>• Voltaje = 3.3 (V)</li> <li>• Corriente = 0 (mA)</li> </ul>	En ralentí existe un monitoreo por parte del sensor O <sub>2</sub> . Mezcla aire-combustible ideal valores cercanos.
	Acelerado	1.50-1.96 (V)	1.98-6.82 (g/sec)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lambda &gt;1</li> </ul>	La unidad de control ECM registra que el

				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltaje &gt; 3.3 (V)</li> <li>• Corriente &gt; 0 (mA)</li> </ul>	motor se encuentra en mezcla pobre y opera en Open Loop.
Actuador	Estado	Señal	Escáner	Sensor O <sub>2</sub>	Detalle
Inyector	Contacto			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lambda</li> <li>• Voltaje (V)</li> <li>• Corriente (mA)</li> </ul>	No se registra el funcionamiento del inyector debido a que el motor de combustión se encuentra apagado.
	Arranque	4 ms a más	4 ms a más	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lambda &lt; 1</li> <li>• Voltaje &lt; 3.3 (V)</li> <li>• Corriente &lt; 0 mA</li> </ul>	Para lograr un arranque eficiente en este estado la unidad de control proporciona un mayor volumen de combustible donde la mezcla es rica.
	Ralentí	1.88 ms	1.8 ms	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lambda = 1</li> <li>• Voltaje = 3.3 (V)</li> <li>• Corriente = 0 (mA)</li> </ul>	En ralentí existe un monitoreo por parte del sensor O <sub>2</sub> . Mezcla aire-combustible ideal valores cercanos.
	Acelerado	1.82	1.7 ms	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lambda &lt; 1</li> <li>• Voltaje &lt; 3.3 (V)</li> <li>• Corriente &lt; 0 mA</li> </ul>	De igual manera cuando se acelera la ECM opera en Open Loop donde empieza a suministrar mayor combustible por tal motivo se tiene una mezcla rica.
Circuito Secundario	Contacto			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lambda</li> <li>• Voltaje (V)</li> <li>• Corriente (mA)</li> </ul>	No existe una retro alimentación (all systems off).

	Arranque	>1.3 ms	Únicamente con osciloscopio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lambda &lt; 1</li> <li>• Voltaje &lt; 3.3 (V)</li> <li>• Corriente &lt; 0 mA</li> </ul>	Debido a que el arranque debe ser eficiente la unidad de control opera en Open Loop con una mezcla rica por ende el tiempo de quemado deberá ser mayor.
	Ralentí	1.3 ms		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lambda =1</li> <li>• Voltaje = 3.3 (V)</li> <li>• Corriente = 0 (mA)</li> </ul>	En ralentí existe un monitoreo por parte del sensor O <sub>2</sub> . Mezcla aire-combustible ideal valores cercanos.
	Acelerado	1.3-1.1 (ms)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lambda &lt; 1</li> <li>• Voltaje &lt; 3.3 (V)</li> <li>• Corriente &lt; 0 mA</li> </ul>	De igual manera cuando se acelera la ECM opera en Open Loop donde empieza a suministrar mayor combustible por tal motivo se tiene una mezcla rica.

**A II 4** Tabla de resumen de datos estequiométricos