



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Tema:

Proceso de diagnóstico mecánico y electrónico del sistema de inyección electrónica de motores de combustión

Autores:

Maisincho Guanoluisa, Bryan Alejandro
Masaquiza Masaquiza, Luis Enrique

Director:

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán.

Latacunga, Agosto 2023



Contenido

- Antecedentes
- Planteamiento del problema
- Descripción resumida del proyecto
- Justificación e importancia
- Objetivos de la investigación
 - General
 - Específicos
- Meta de la investigación
- Marco teórico
 - Tiempos del motor
 - Clasificación de sistemas de inyección de gasolina
 - Elementos eléctricos y electrónicos usados en inyección electrónica
 - Figuras de Lissajous
 - Subsistemas del sistema de inyección electrónica
 - Subsistema de control electrónico
 - Constitución de la ECU



- Subsistema de alimentación
- Subsistema de control de aire
- Subsistema de autodiagnóstico
- Parámetros de información del programa PID's
- Oscilograma de presión de cilindro
- Protocolo de pruebas
 - Levantamiento de requerimientos
 - Especificaciones del motor
 - Puesta a punto de los principales sistemas
 - Instalación de la ECU RACETEC R750
 - Obtención de PIN Code
 - Trazado de instalación eléctrica
 - Diagnóstico Electrónico
 - Diagnóstico Mecánico
- Conclusiones y recomendaciones



Antecedentes

- El parque automotriz ha ido evolucionando considerablemente con nuevas tecnologías a través de la reprogramación de módulos automotrices, que ajustan el trabajo de sensores y actuadores, permitiendo que el mci funcione en óptimas condiciones, contribuyendo a disminuir la polución mejorando la calidad del aire.
- Los vehículos disponen de sistemas sofisticados, que requieren de un diagnóstico más complejo, es por eso que se ha incursionando en la generación de los procesos y protocolos de diagnóstico.
- Los sistemas de las ECUS reprogramables según el Instituto de Automovilismo Deportivo (2022) pueden realizar el cambio de parámetros “mediante puertos OBD, pudiendo ser modificados mediante el uso de un portátil conectado al vehículo, en el que se podrá visualizar todas las características del mismo”. Si bien el uso de estos dispositivos es de fácil utilización, hay que tener previo conocimiento para no averiar los mismos.



Planteamiento del Problema

Uno de los inconvenientes es la falta de conocimiento técnico por parte de los propietarios de vehículos y mecánicos

Otro problema es que el costo de adquirir y mantener estas herramientas es alto, en función de las prestaciones que se requiera lo que puede ser una barrera para su uso por parte de los propietarios de vehículos y los mecánicos.

En la actualidad la sofisticación de los vehículos modernos, con sistemas eléctrico y electrónicos cada vez más avanzados, plantea un reto extra para los profesionales de la mecánica automotriz.

Los sistemas de gestión electrónica del motor (ECU) que son controlados por un ordenador programable, pueden afectar indirectamente la potencia del motor.

Proceso de diagnóstico mecánico y electrónico del sistema de inyección electrónica de motores de combustión



Descripción resumida del proyecto



Justificación e importancia



Los computadores reprogramables también son utilizados para el diagnóstico y resolución de problemas del motor

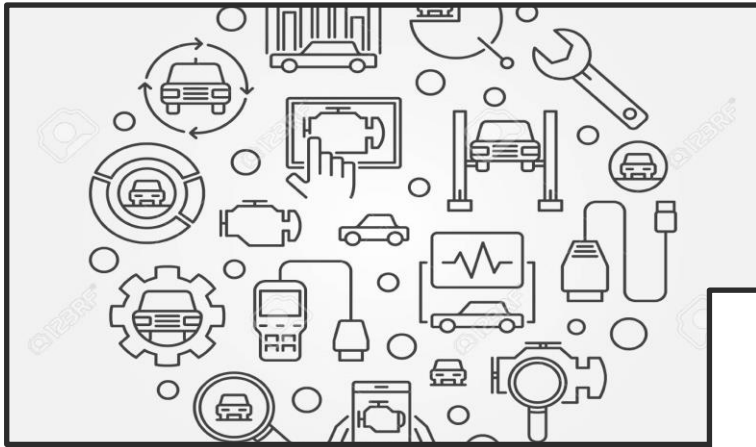
El avance tecnológico propone un nivel académico adecuado

La modernización de los autos implica conocimiento en sensores y actuadores

La unidad de control electrónico es un dispositivo esencial en el vehículo



Objetivo general



Generar el proceso de diagnóstico mecánico y electrónico del sistema de inyección electrónica de motores de combustión.



Objetivos específicos



Diagnóstico y puesta a punto del motor de combustión con instrumentos de verificación y control.

Desarrollo de pruebas y puesta a punto del sistema de control electrónico.

Desarrollo y puesta a punto del sistema de control de aire.

Desarrollo de pruebas y puesta a punto del sistema de alimentación.



Meta de la investigación



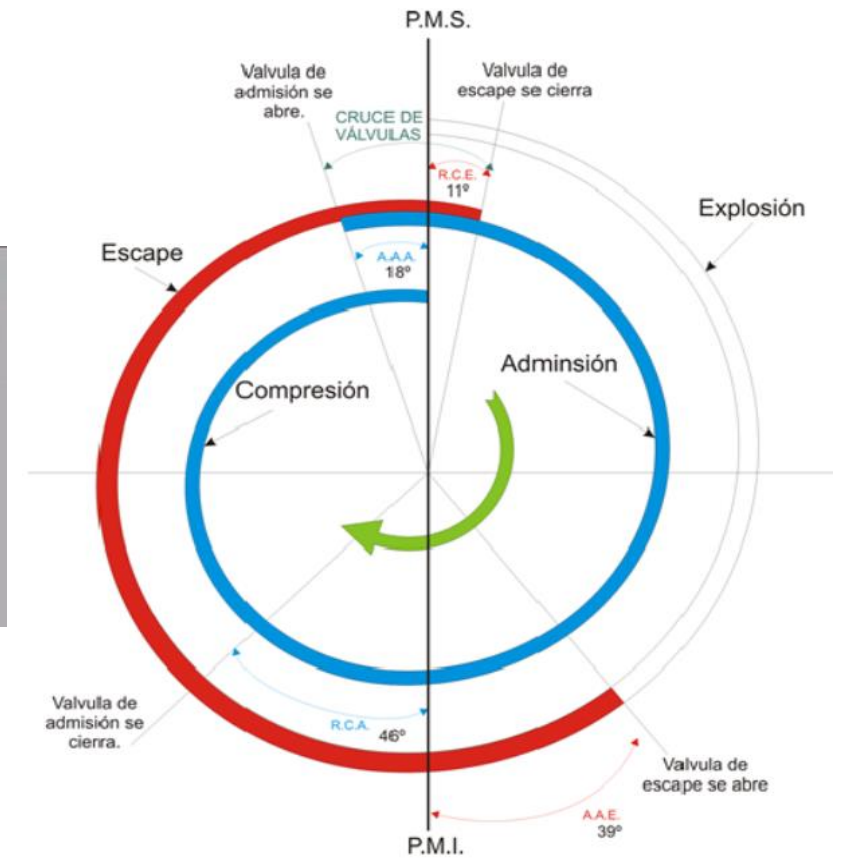
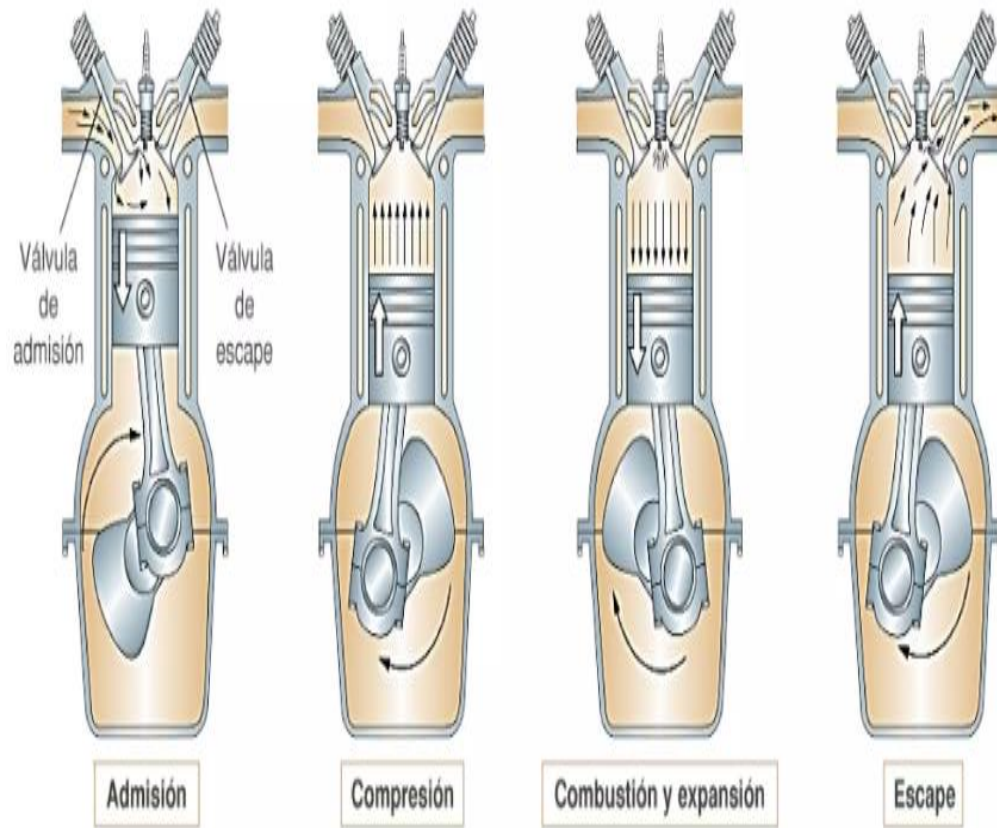
Disponer de un módulo de pruebas del motor de combustión interna con sistema reprogramable que permita desarrollar pruebas de diagnóstico mecánico y electrónico mediante el uso de instrumento de medición especializado.



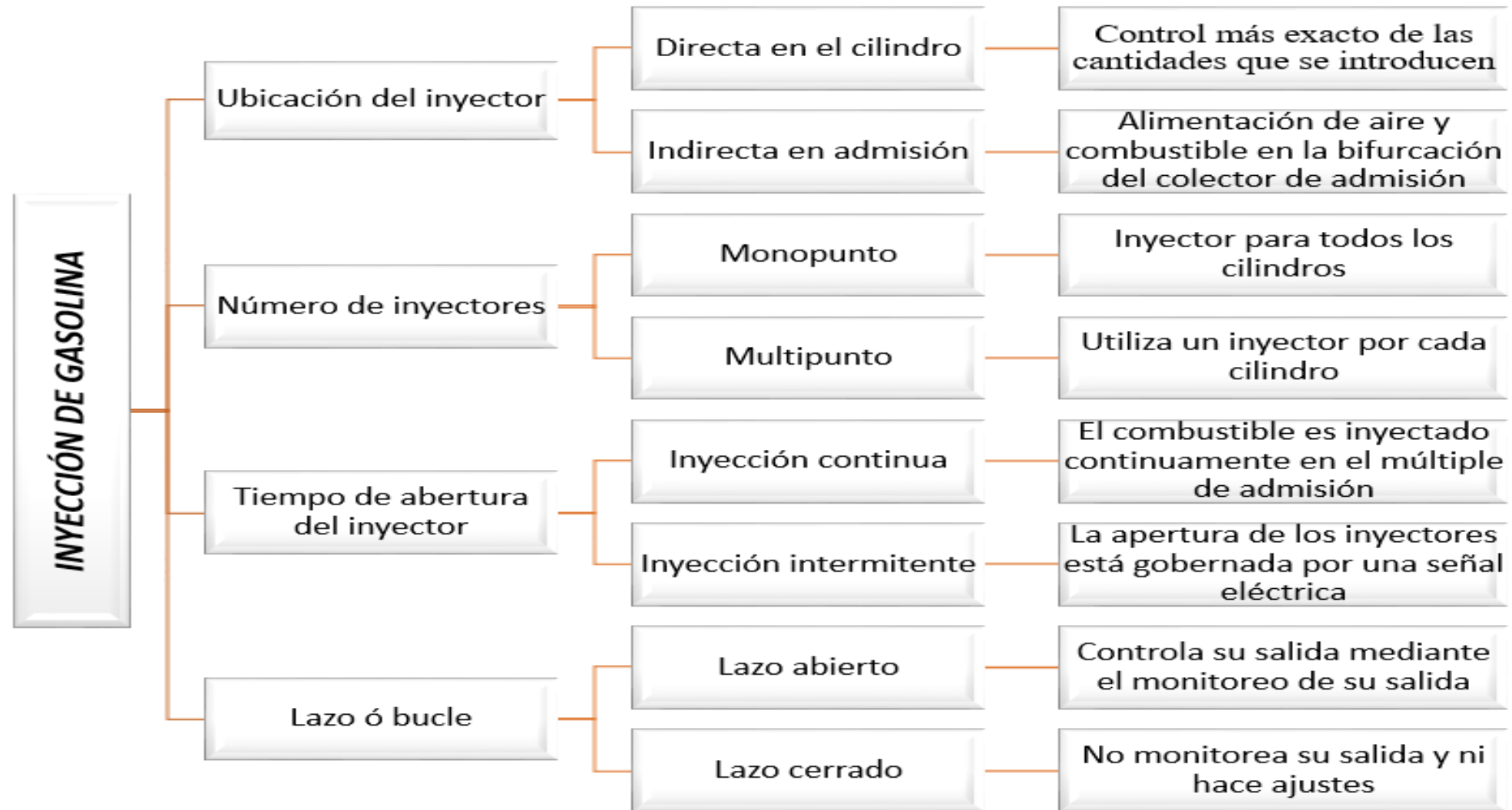
Marco Teórico



Tiempos del motor

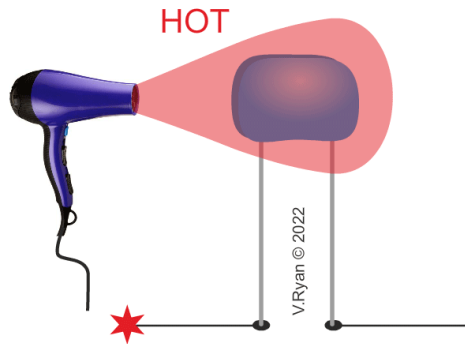


Clasificación del sistema de inyección electrónica

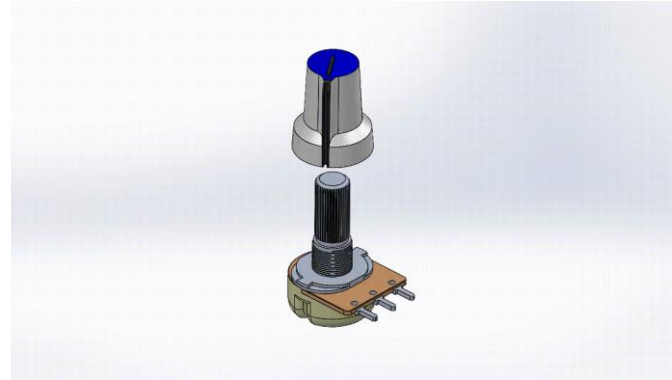


Elementos eléctricos y electrónicos usados en inyección electrónica

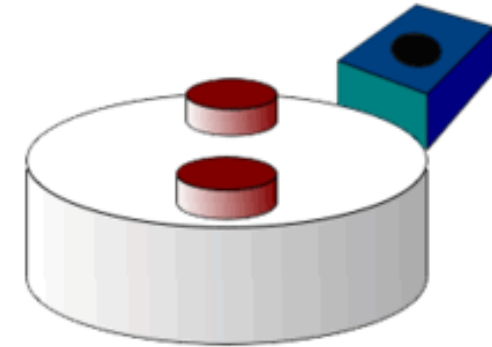
Termistor



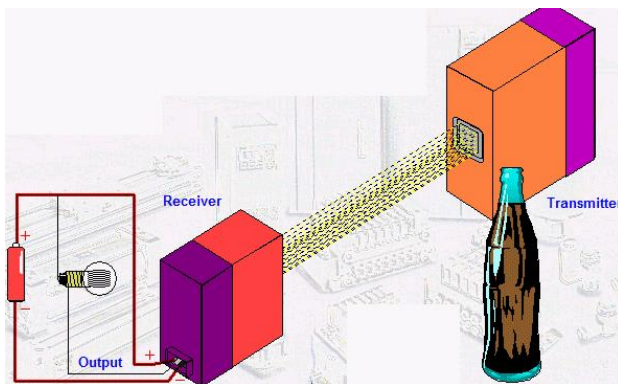
Potenciómetro



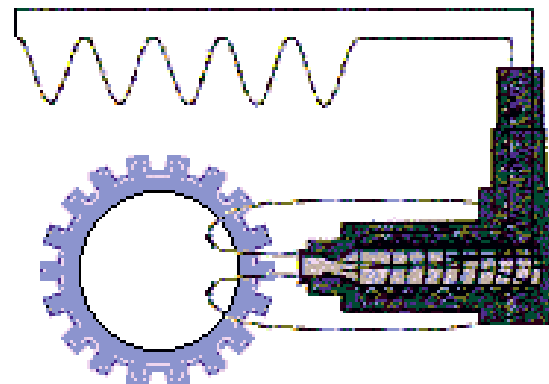
Sensor de efecto hall



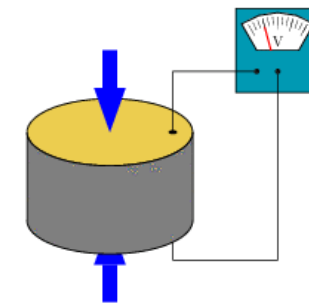
Sensor óptico



Sensor inductivo



Sensor piezoeléctrico



Figuras de Lissajous

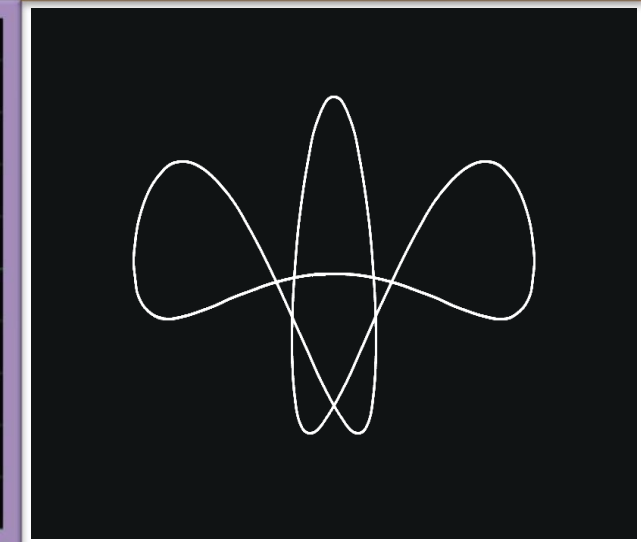
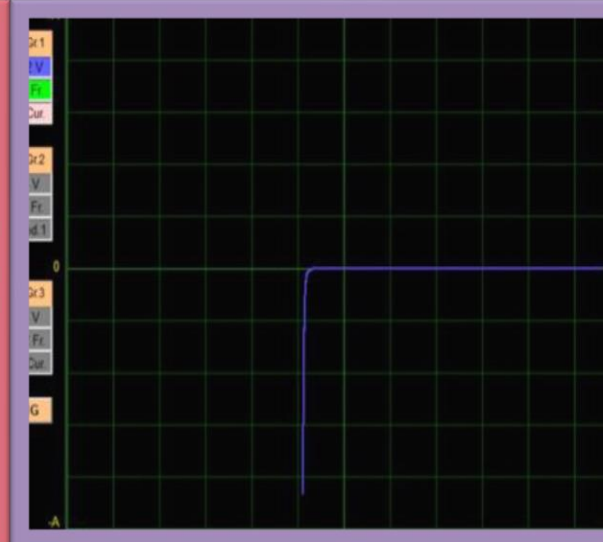
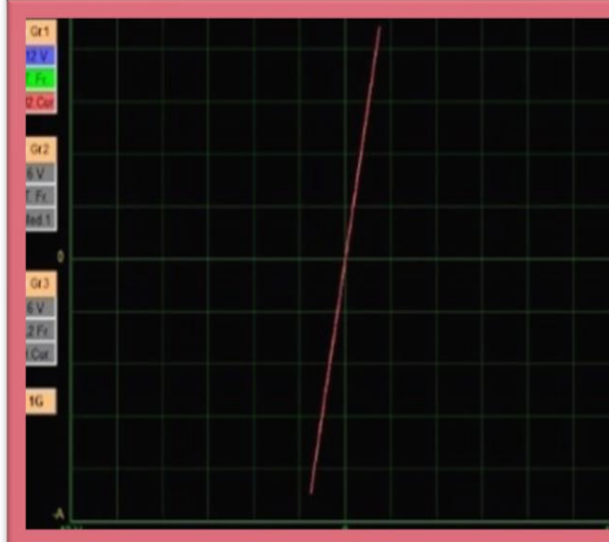
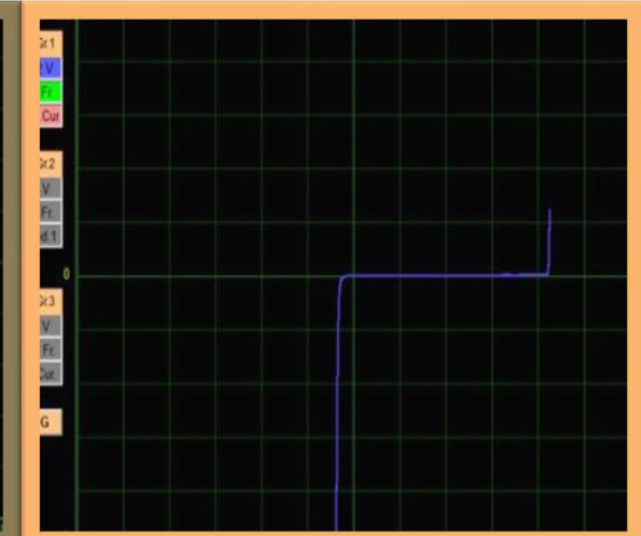
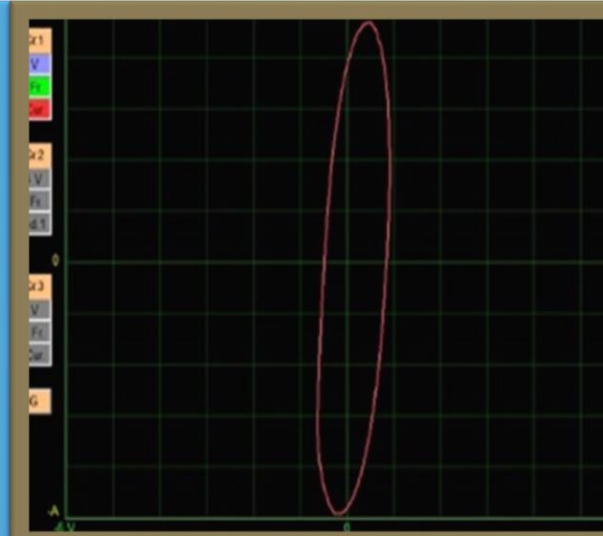
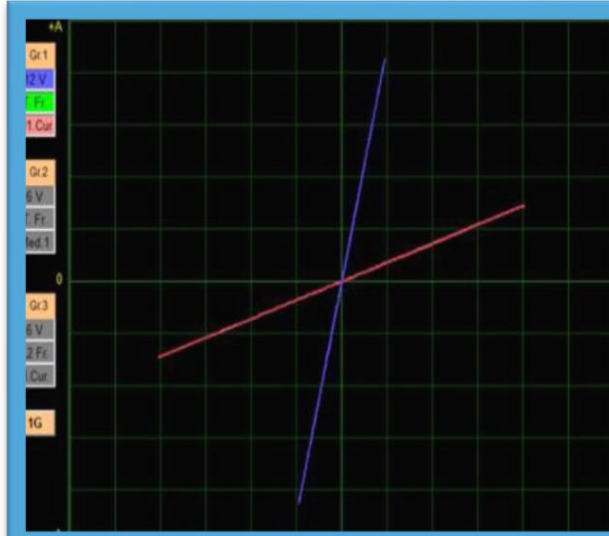
Potenciómetro

Resistencia

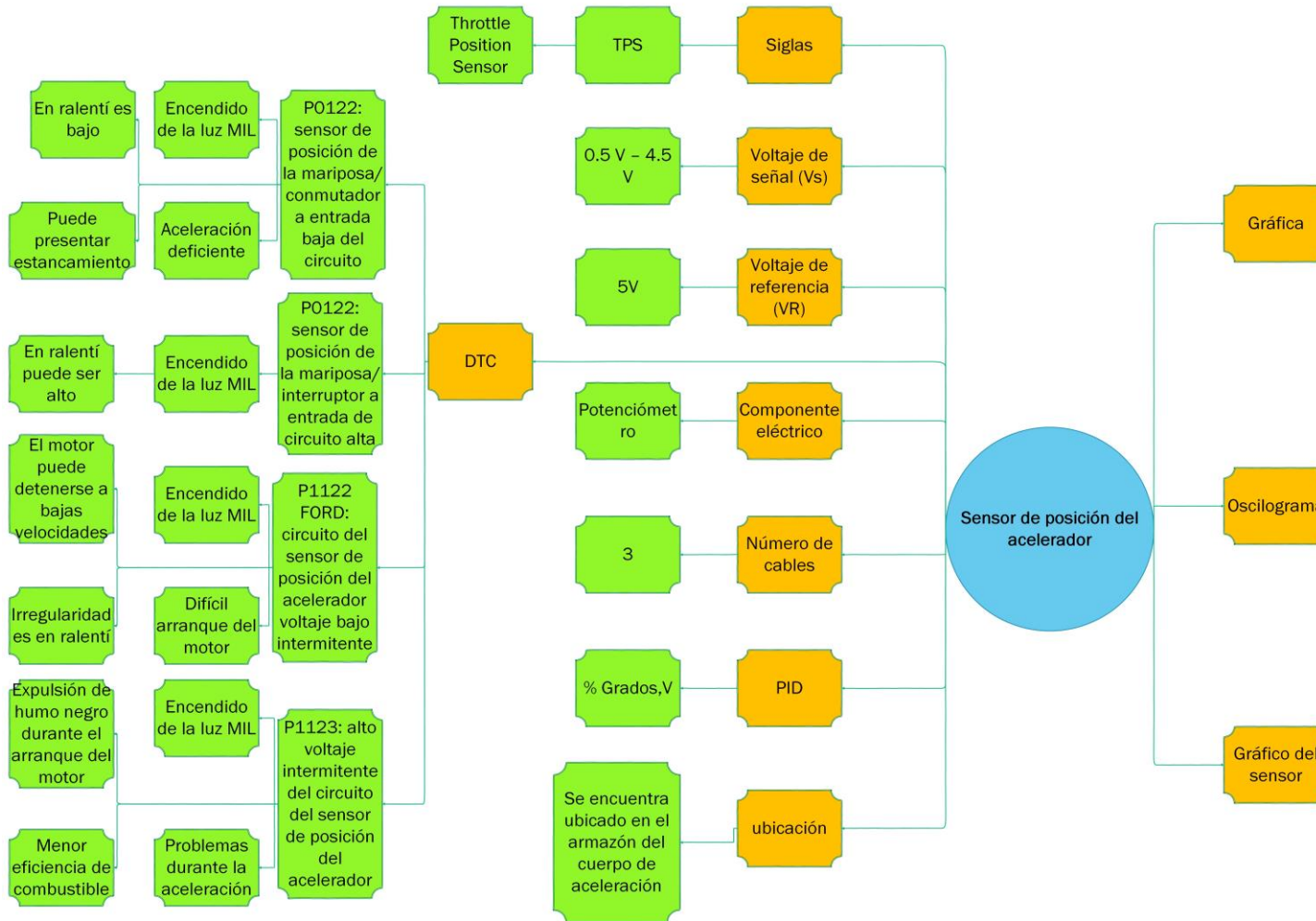
Bobina

Diodo

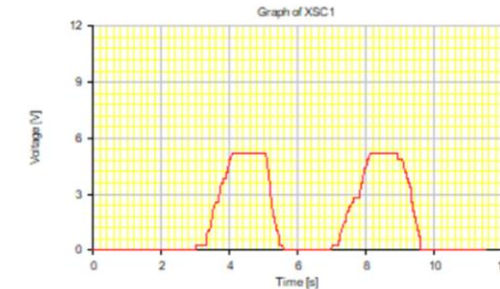
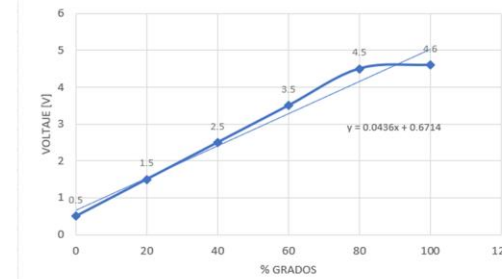
Transistor



Subsistema de control electrónico – sensor TPS



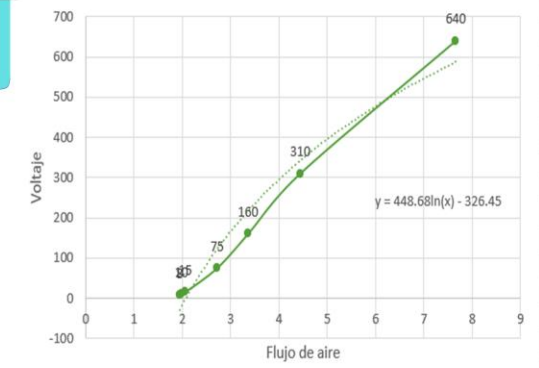
Voltaje [V]	Grados [%]
0.5	0
1.5	20
2.5	40
3.5	60
4.5	80
4.6	100



Subsistema de control electrónico – sensor MAF



Flujo de aire (kg/h)	Vsalida (V)
8	1.94
10	1.98
15	2.06
75	2.72
160	3.36
310	4.44
640	7.66



Oscilograma

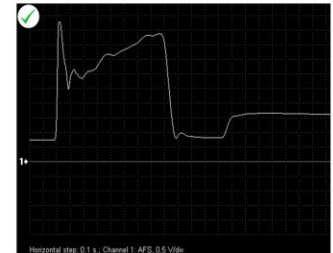
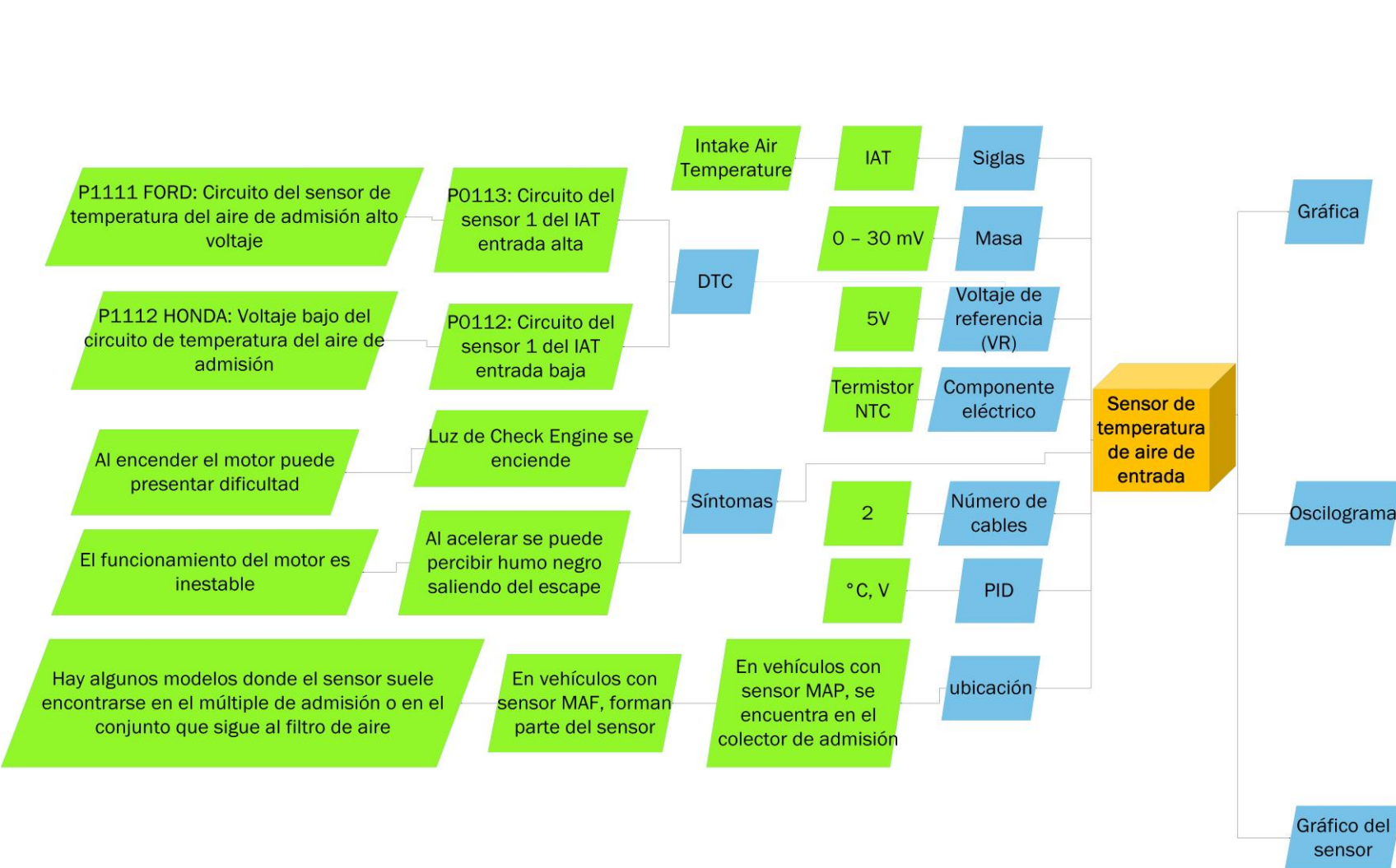


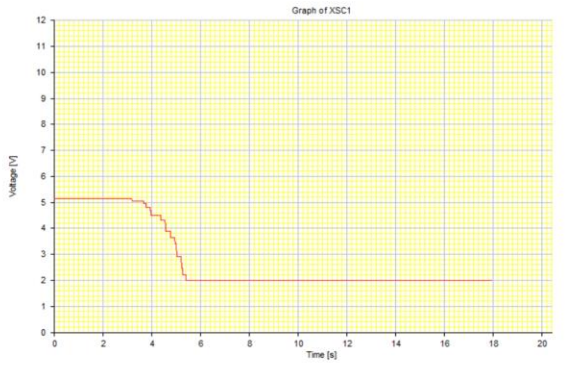
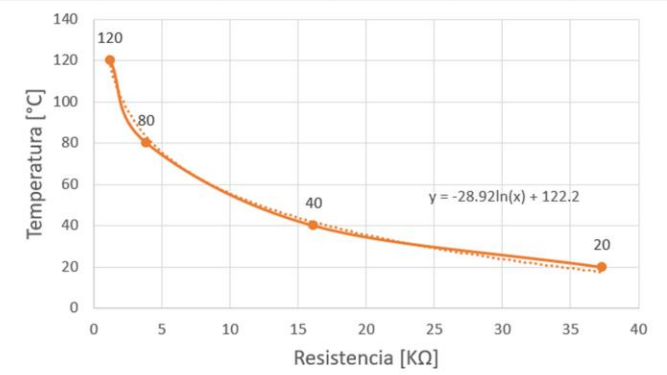
Gráfico del sensor



Subsistema de control electrónico – sensor IAT



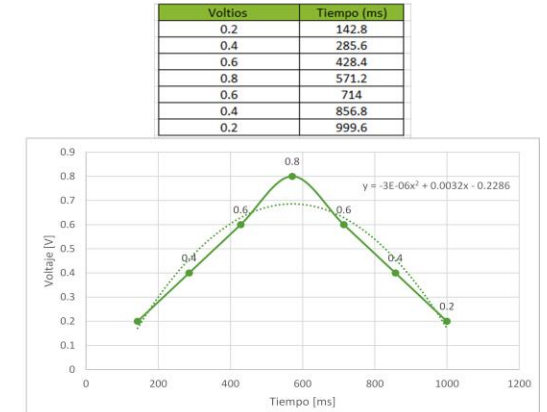
Temperatura [°C]	Vs [V]	RT [KΩ]
20	3.26	37.3
40	2.23	16.15
80	0.8	3.84
120	0.26	1.18



Subsistema de control electrónico – sensor O2



Gráfica



Oscilograma

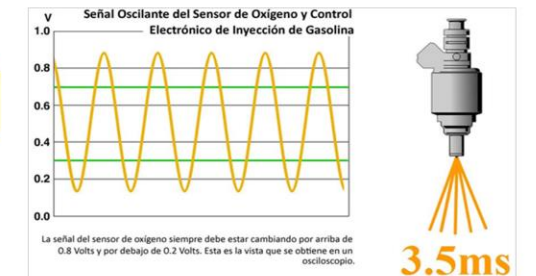


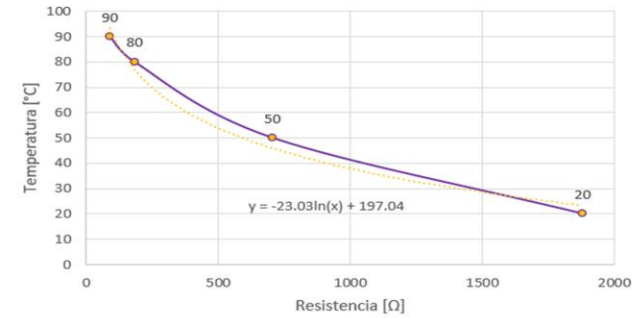
Gráfico del sensor



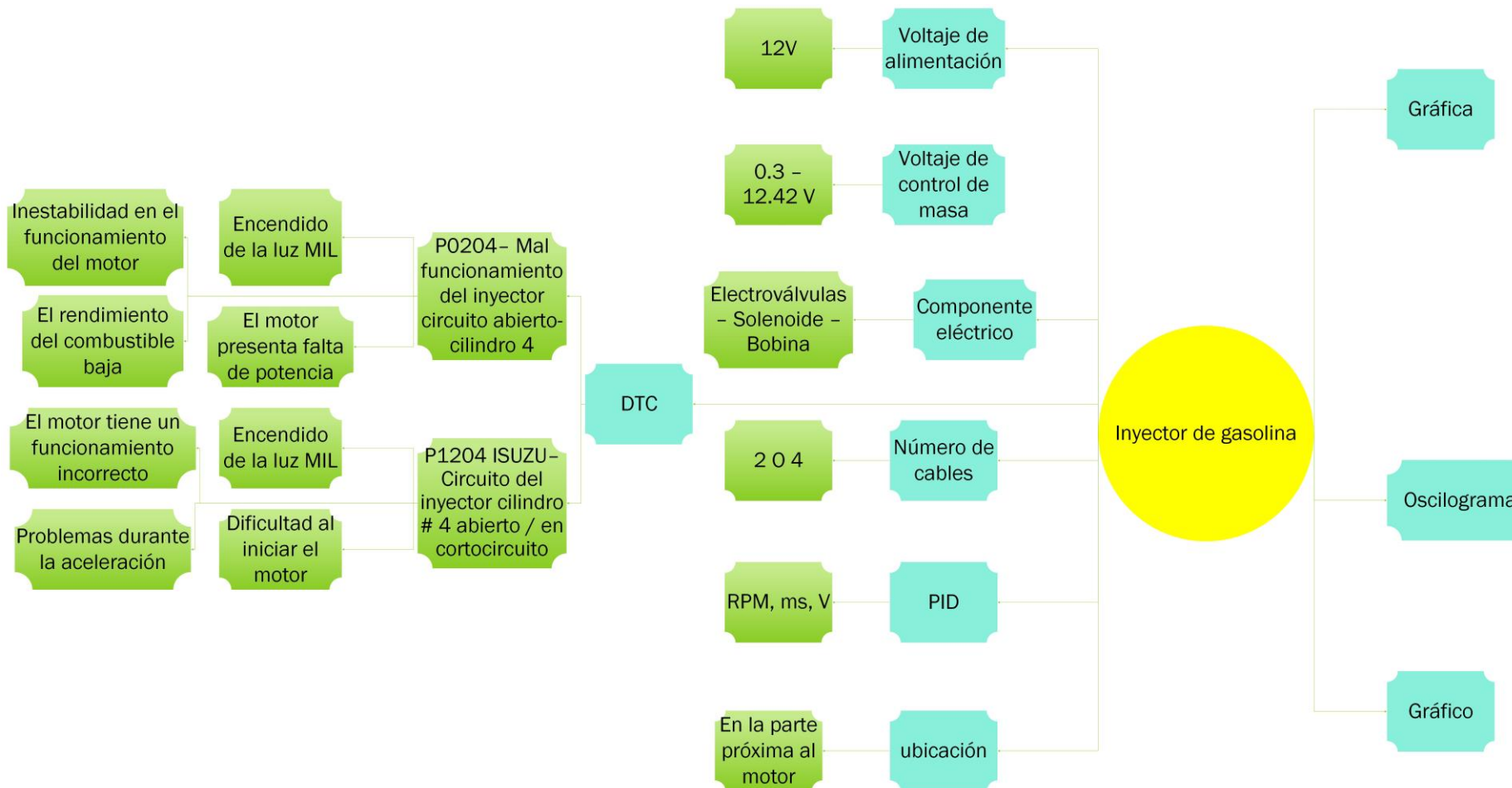
Subsistema de control electrónico – sensor WTS



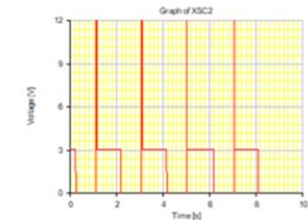
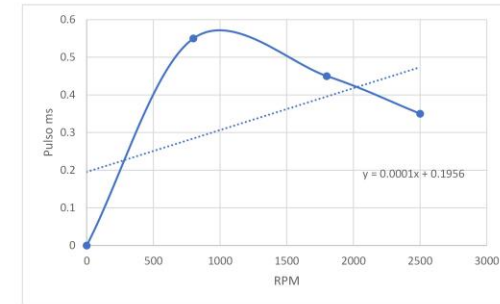
Temperatura [°C]	Vs [V]	RT [Ω]
20	4	1880
50	3	705
80	1.4	182.78
90	0.8	89.52



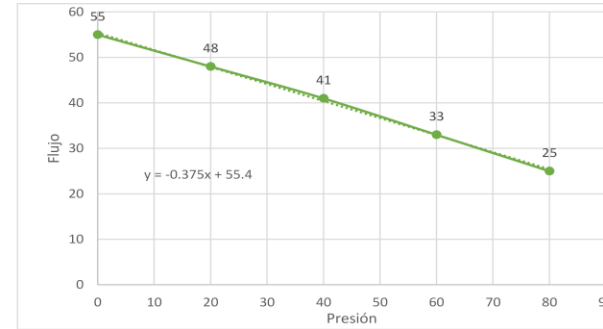
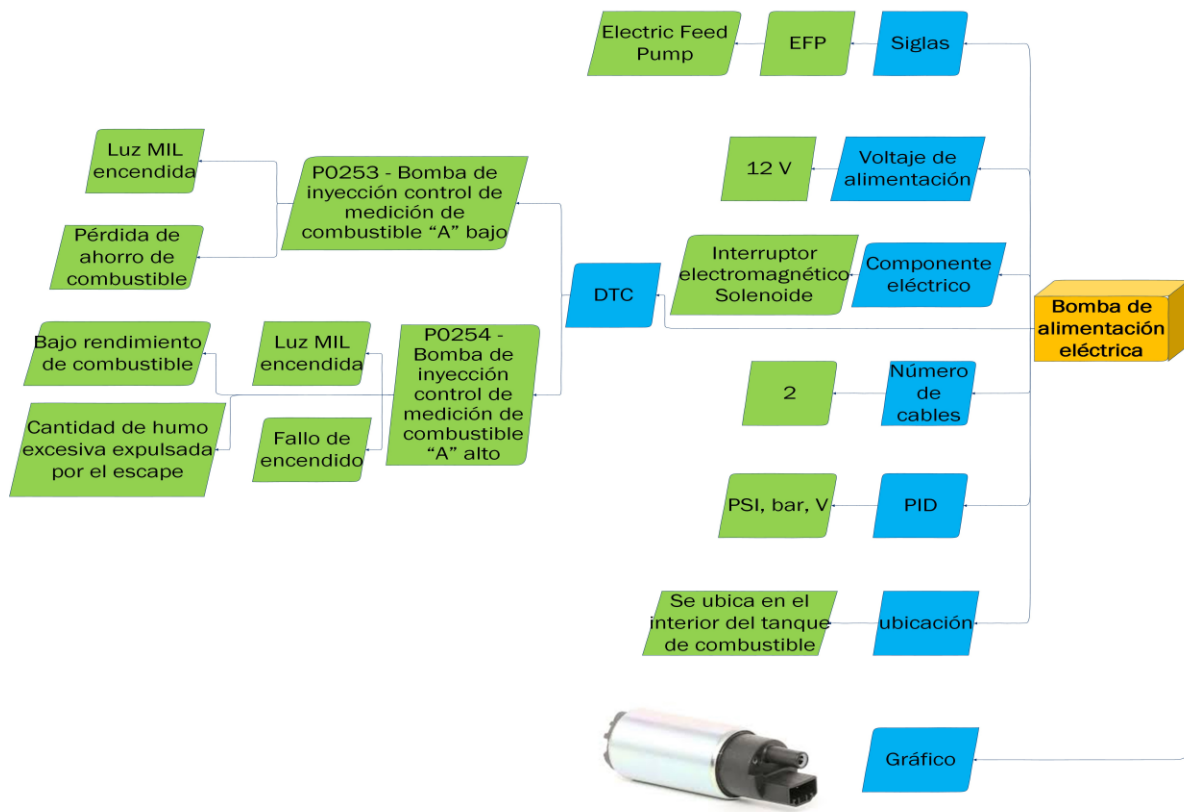
Subsistema de control electrónico – Inyectores



RPM	Pulso (ms)
0	0
800	0.55
1800	0.45
2500	0.35



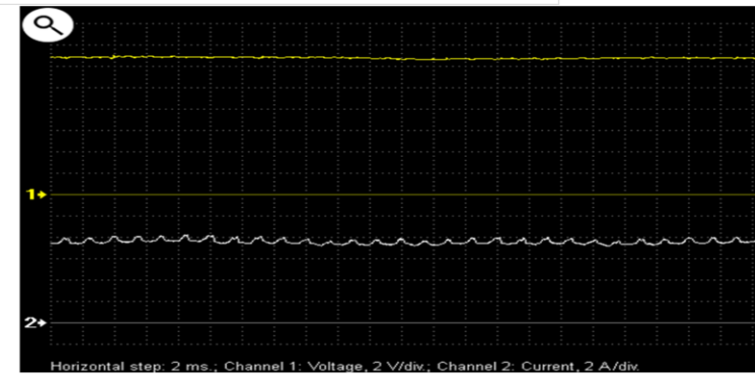
Subsistema de control electrónico – Bomba de gasolina



Presion (PSI)	Flujo (GPH)
0	55
20	48
40	41
60	33
80	25

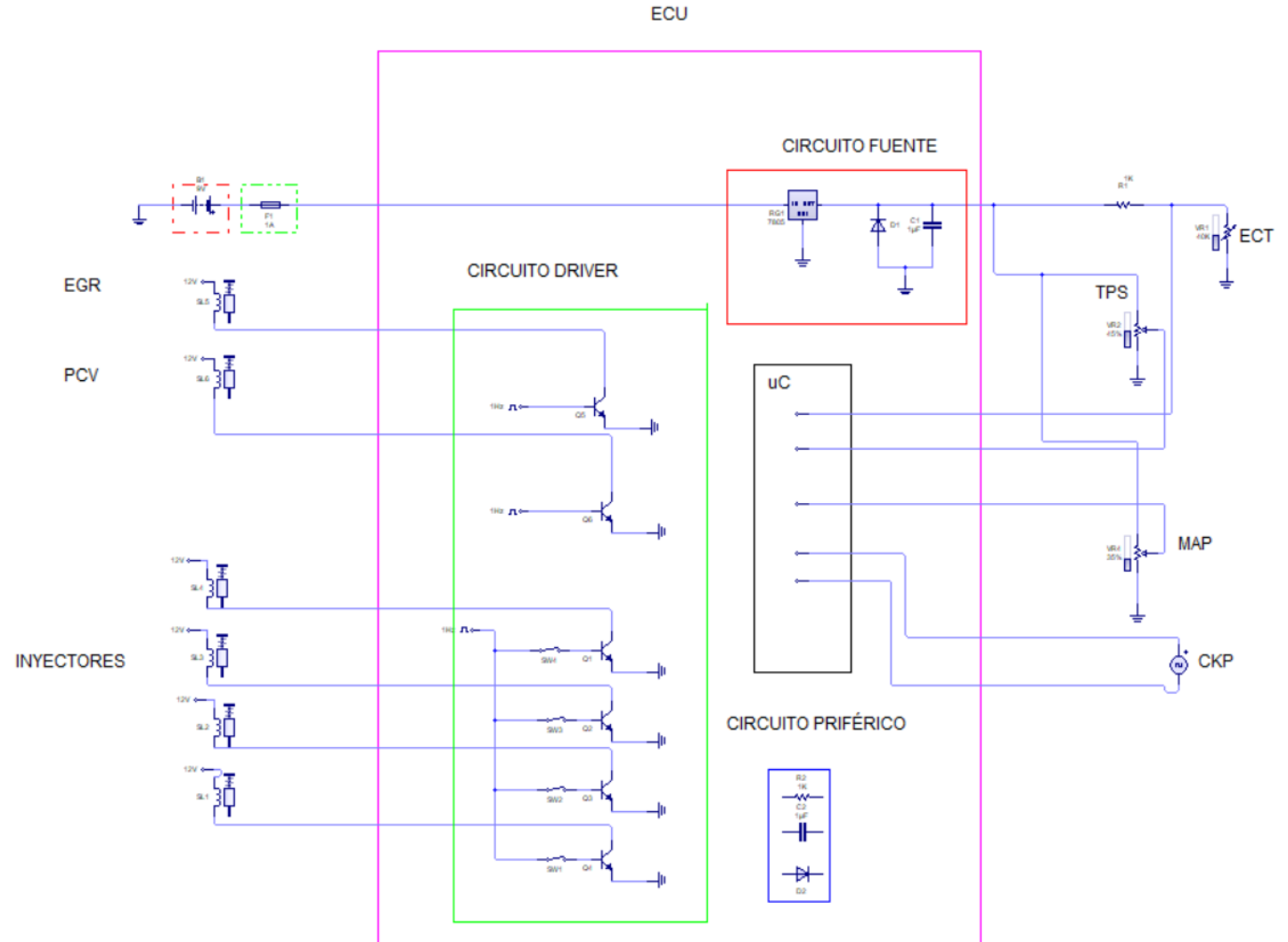
Gráfica

Oscilograma



Constitución de la ECU

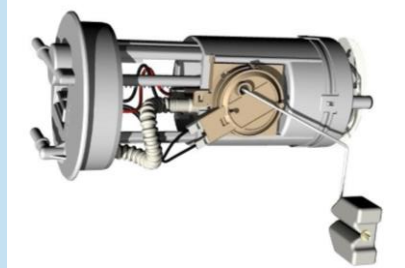
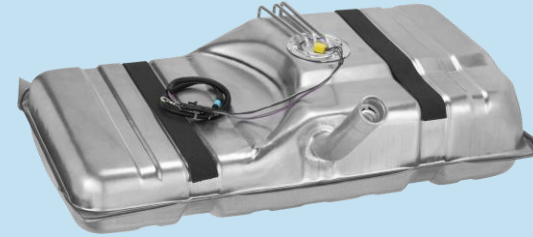
- Circuito fuente
- Circuito de entrada (periférico)
- Bloque de procesamiento
- Circuito de salida (Drivers)



Subsistemas de alimentación

Depósito de combustible

Almacena de forma segura el combustible.



Suministra de combustible a una presión adecuada.

Bomba de combustible

Filtro de combustible

Retiene pequeñas partículas de suciedad.



Subsistemas de alimentación

Regulador de presión

Transfiere el combustible al depósito por medio de la línea de retorno.



Realizan la pulverización hacia la cámara de combustión.

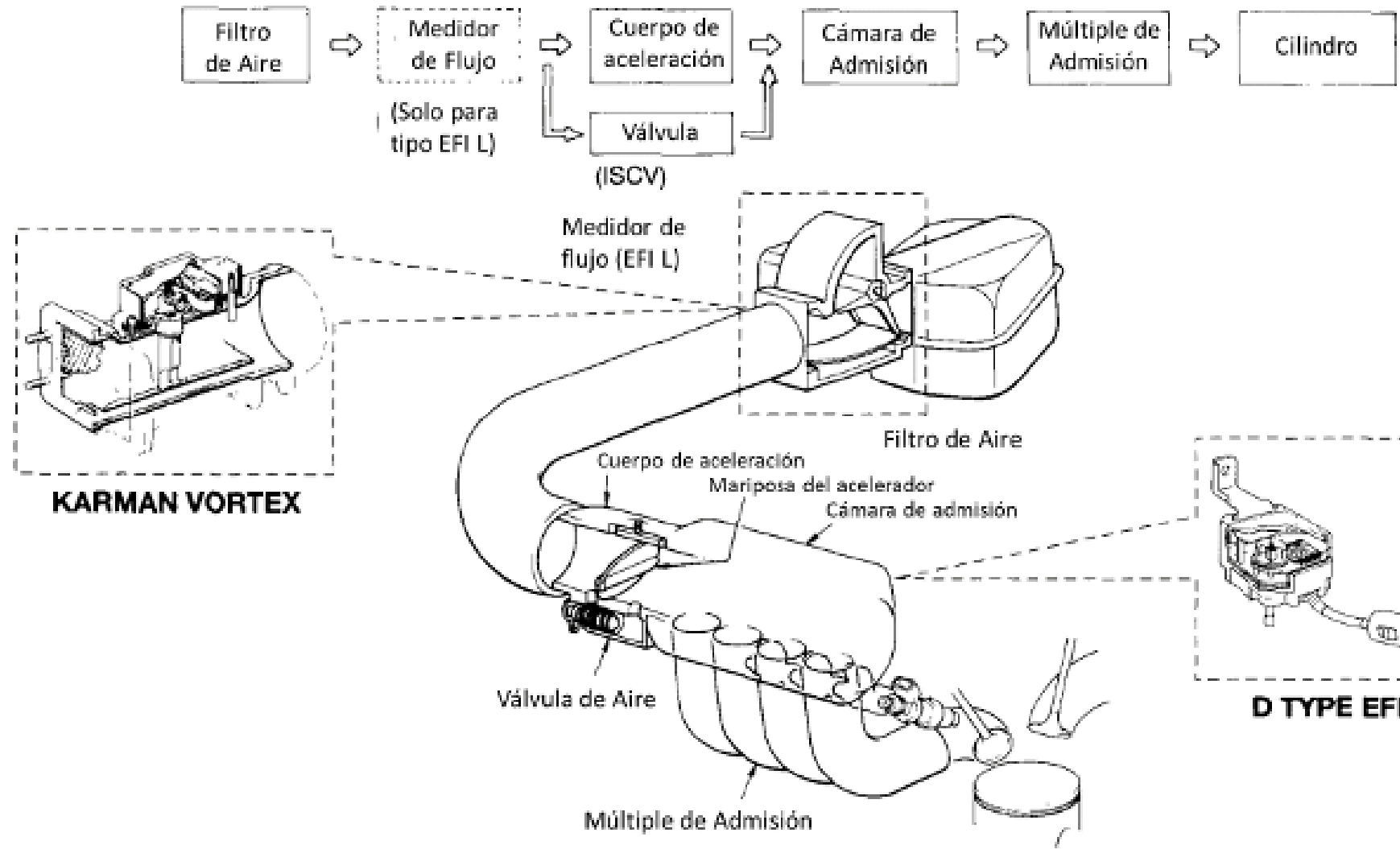
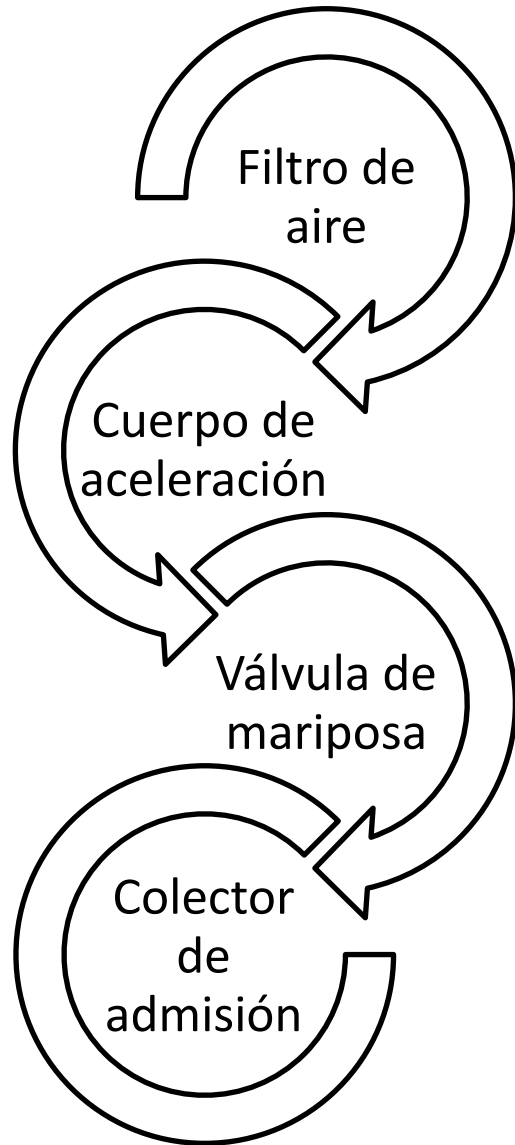
Inyectores

Cañerías de alta presión

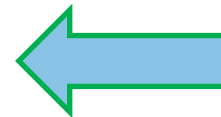
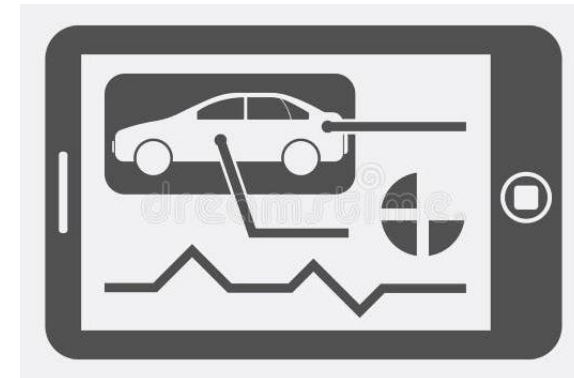
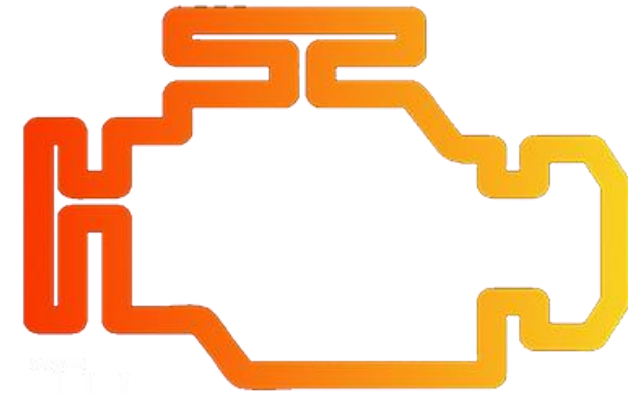
Medio por el cual el combustible llega hacia el motor.



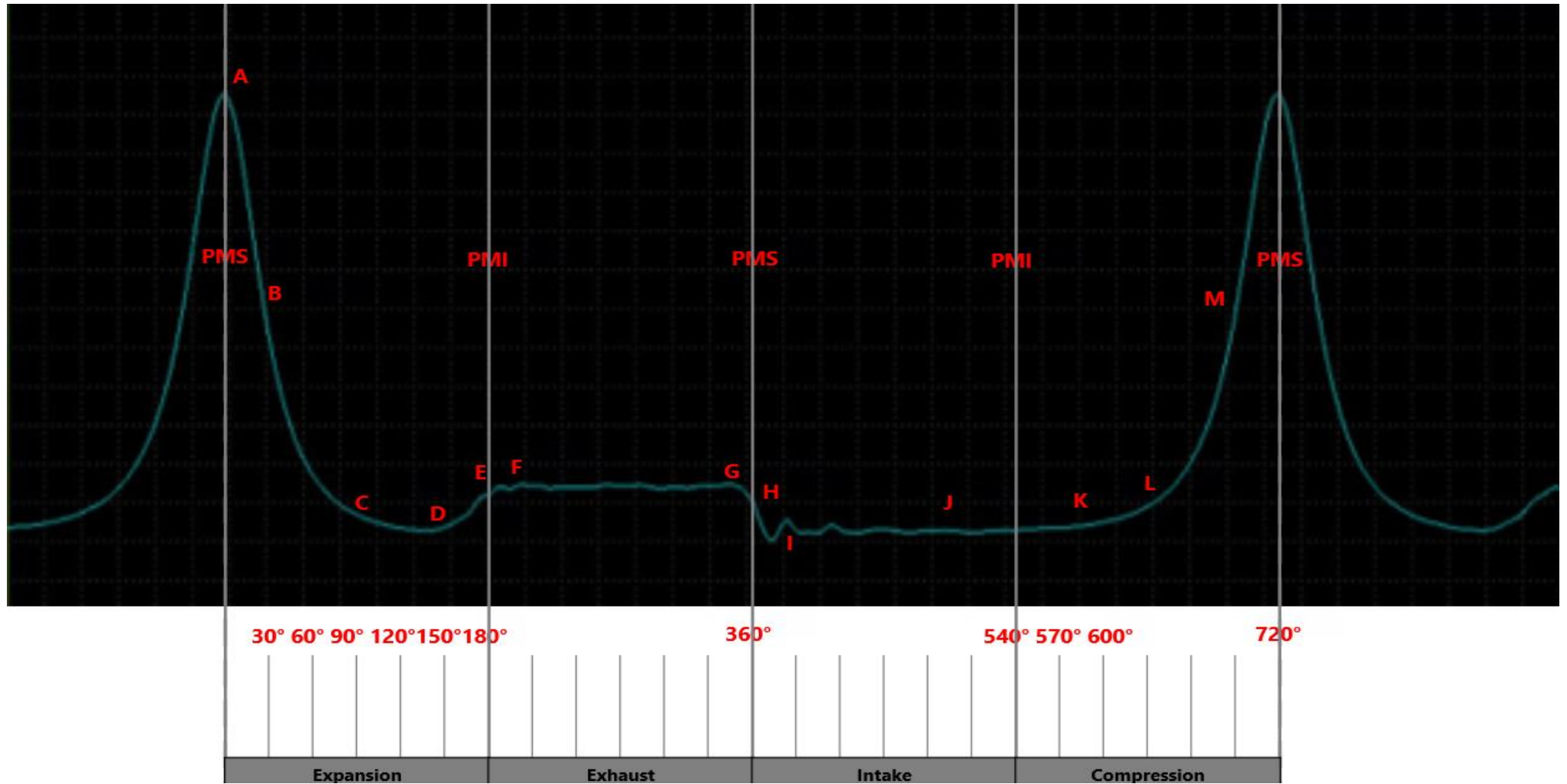
Subsistemas de control de aire



Subsistema de autodiagnóstico



Oscilograma de presión de cilindro



Protocolo de pruebas



Levantamiento de requerimientos

FADOS9F1



Hantek 1008C



Multímetro
ALLOSUN EM135



RaceTec Manager



ALLDATA



Pinza Amperimétrica



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Puesta a punto del mci

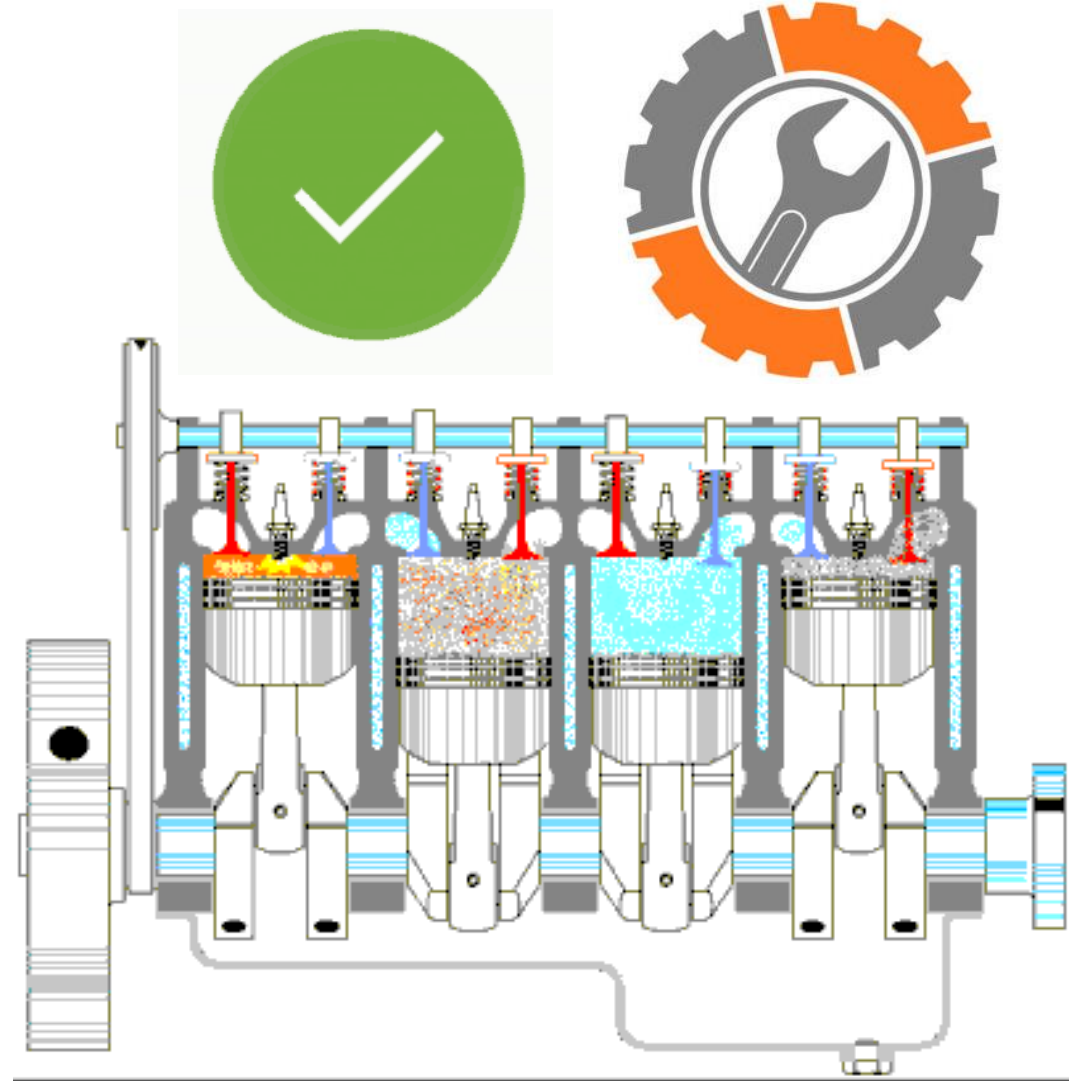
Sistema de distribución

Sistema de alimentación

Sistema de lubricación

Sistema de refrigeración

Sistema de arranque

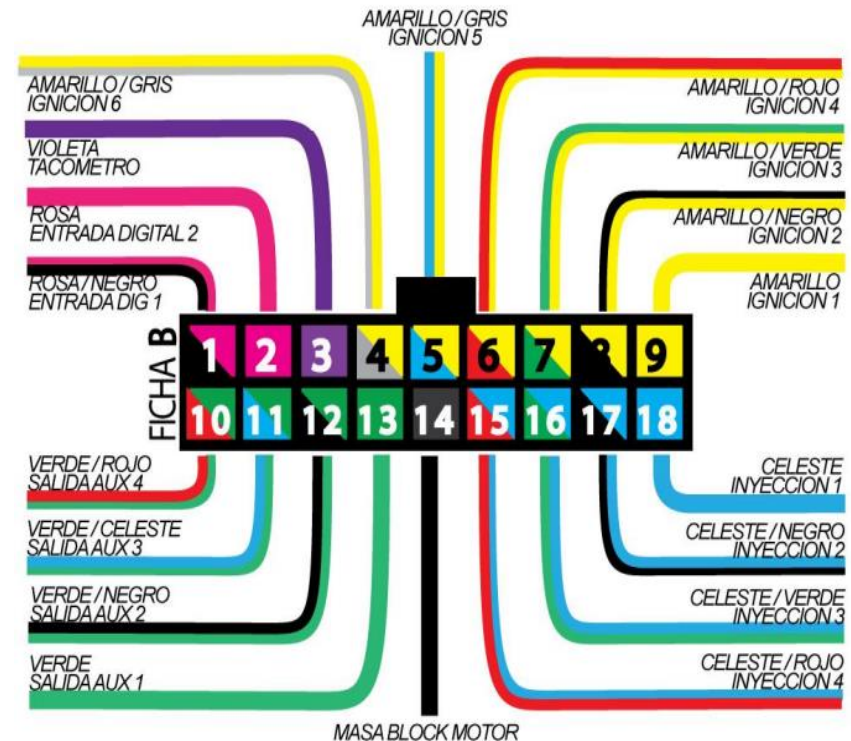


Obtención del PIN CODE

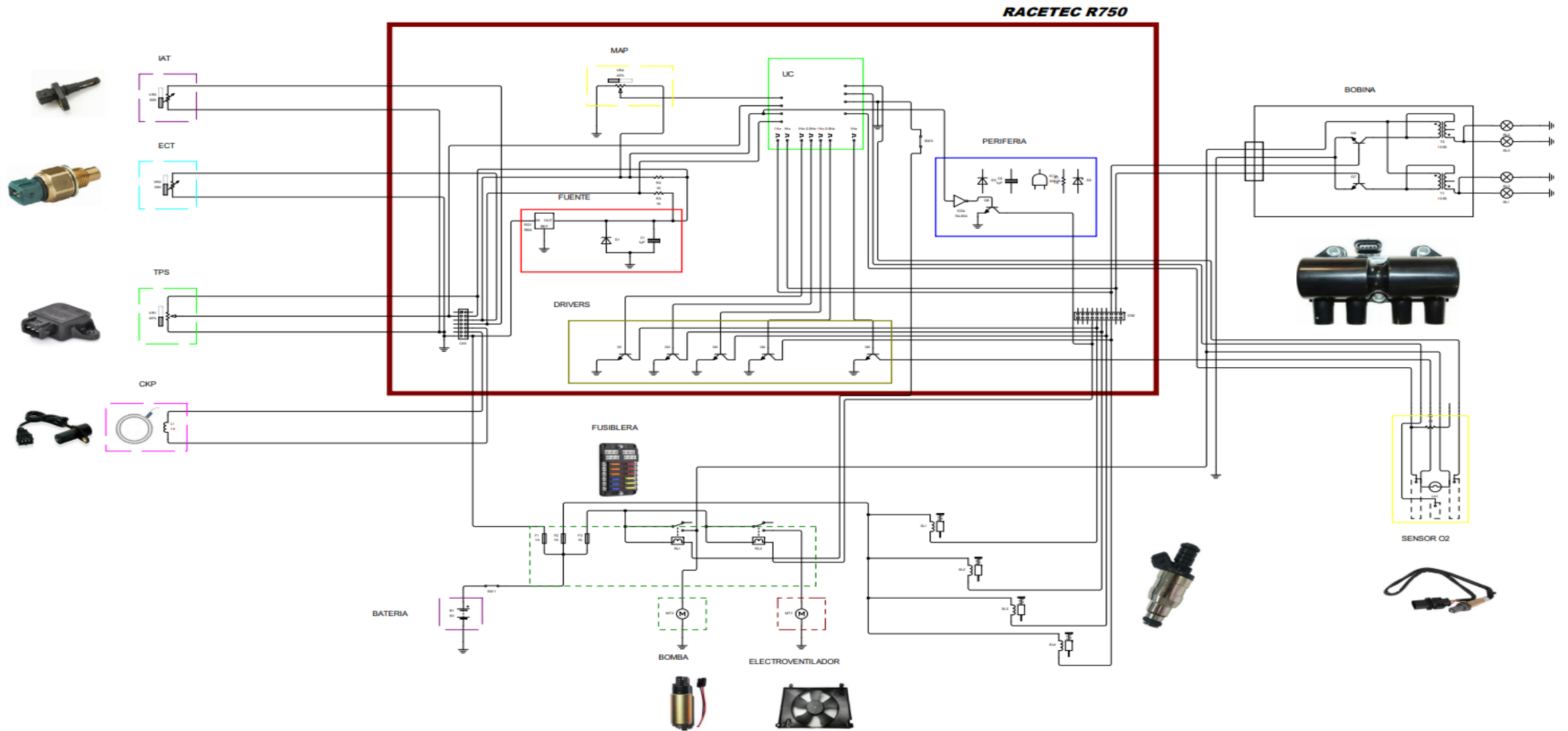
Conector del ramal eléctrico principal



Conector del ramal eléctrico secundario



Obtención del PIN CODE



Pruebas de diagnóstico electrónico



Medición de resistencia

Procedimiento para medir la resistencia de sensores y actuadores



Verificar que el switch del motor no esté en contacto.

Colocar el multímetro en la opción de medida de ohmios.

Retirar el conector del sensor a medir.

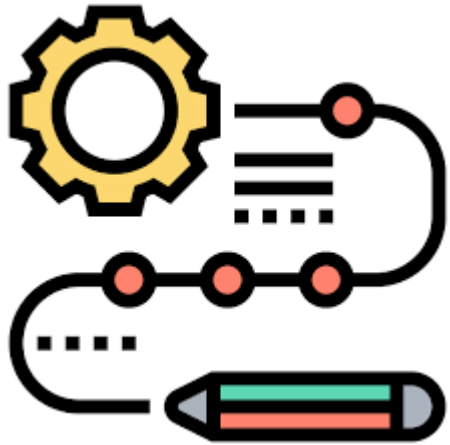
Colocar las puntas del multímetro en los terminales del sensor.

Registrar el valor obtenido en el multímetro.



Medición de voltaje

Procedimiento para medir el voltaje de sensores



Verificar que el switch del motor esté en contacto y colocar el multímetro en la escala de voltios.

Retirar el conector del sensor.

Colocar la punta negativa del multímetro al negativo de la batería y la punta positiva a los pines del sensor y registrar los voltajes de referencia y masa del sensor

Conectar nuevamente el conector del sensor e introducimos la punta positiva del multímetro en la parte trasera de donde se tomó el voltaje de referencia.

Registrar el voltaje de señal acorde a los condiciones del sensor que se esté midiendo.



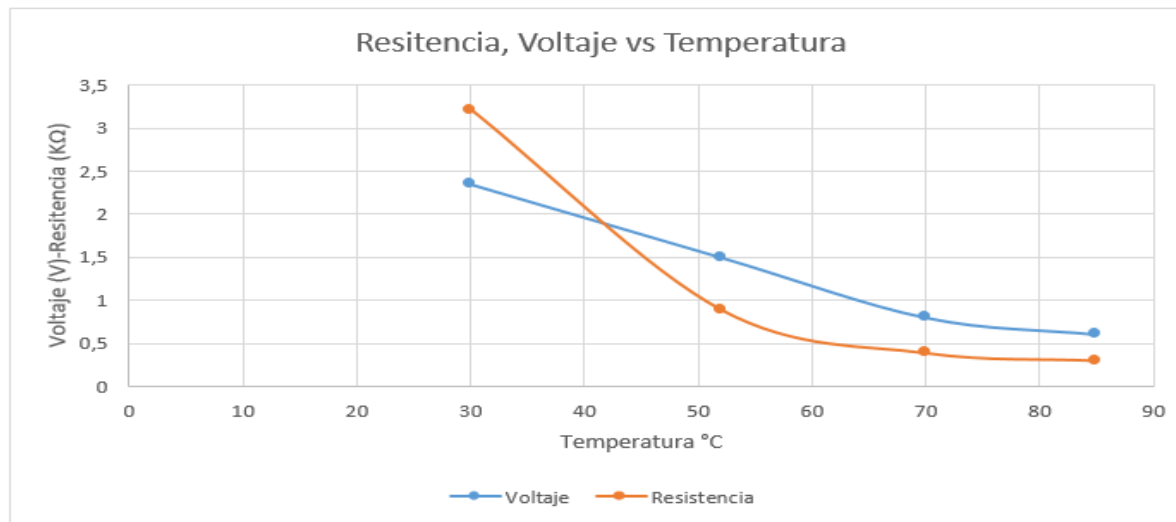
Sensor ECT (temperatura del refrigerante)

Sensor ECT

Resistencia (k Ω)	Voltaje de señal (V)	Temperatura $^{\circ}$ C
3.209	2.35	30
0.89	1.50	52
0.389	0.801	70
0.300	0.606	85

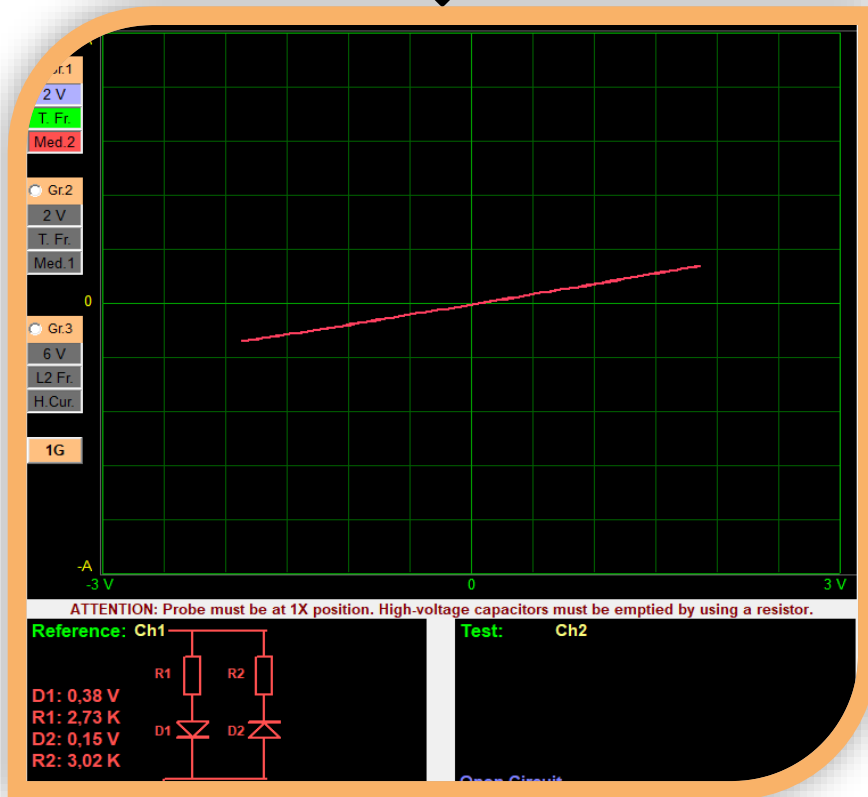
Sensor ECT

Voltaje de masa	1.4 mV
Voltaje de referencia	4.94 V

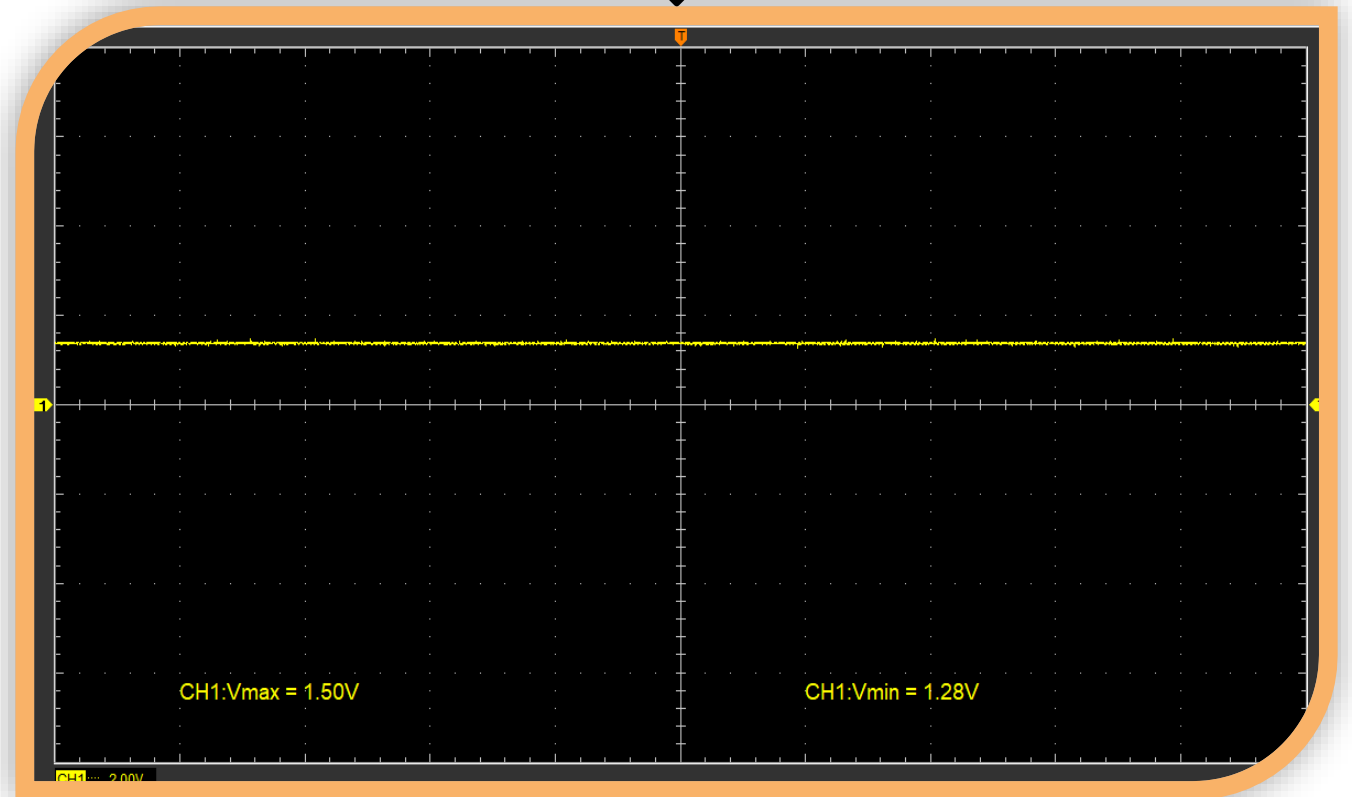


Sensor ECT (temperatura del refrigerante)

Figura de Lissajous



Oscilograma



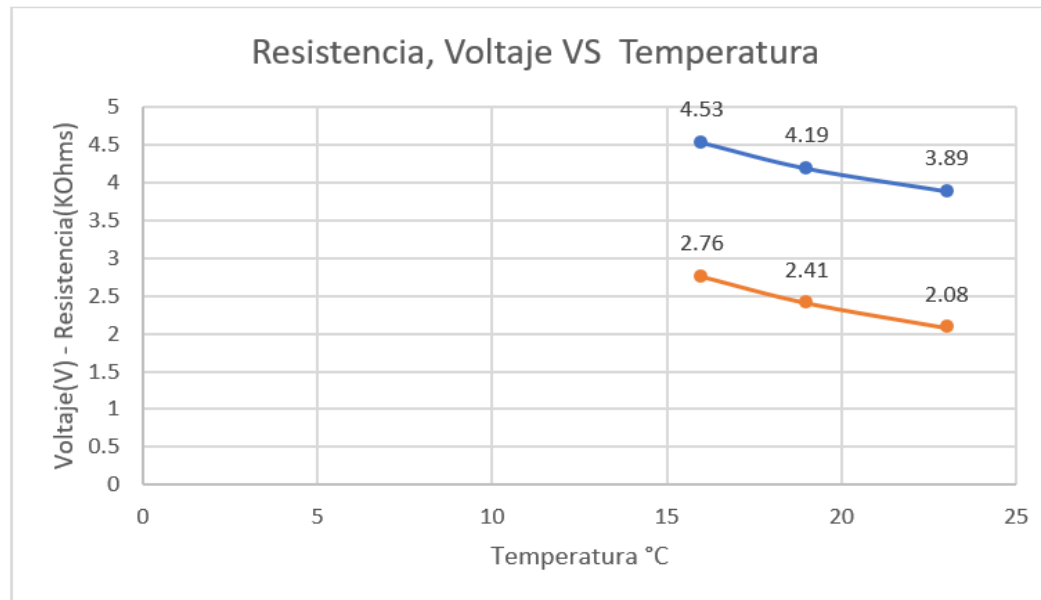
Sensor IAT (Temperatura de Aire de Entrada)

Sensor IAT

Resistencia (kΩ)	Voltaje de señal (V)	Temperatura °C
4.53	2.76	16°C
4.19	2.41	19°C
3.89	2.08	23°C

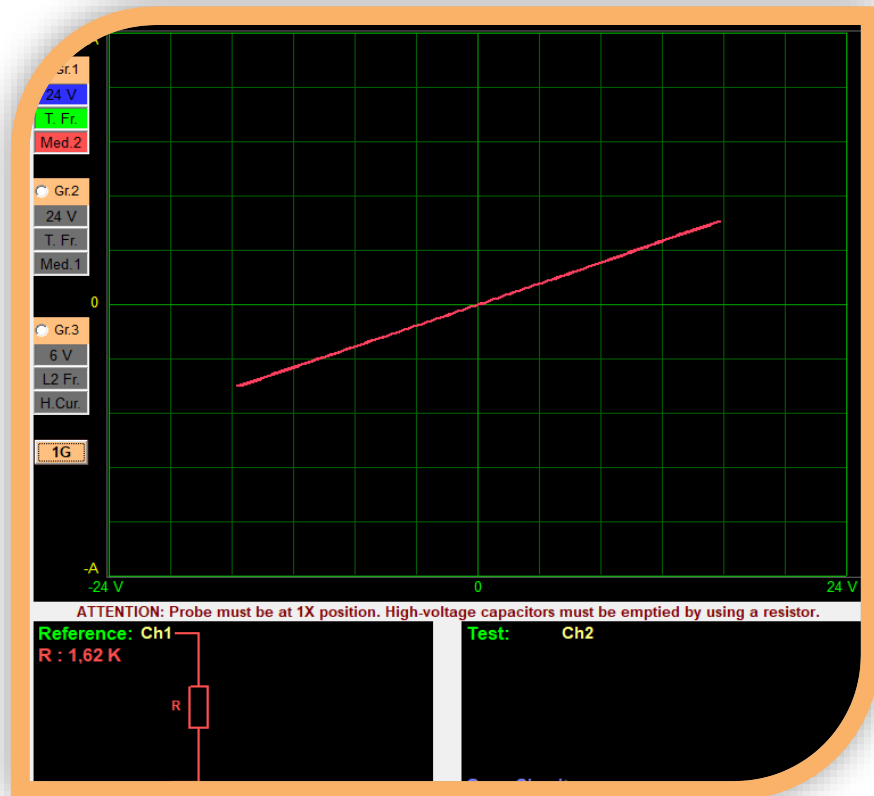
Sensor IAT

Voltaje de masa	1.4 mV
Voltaje de referencia	4.94 V

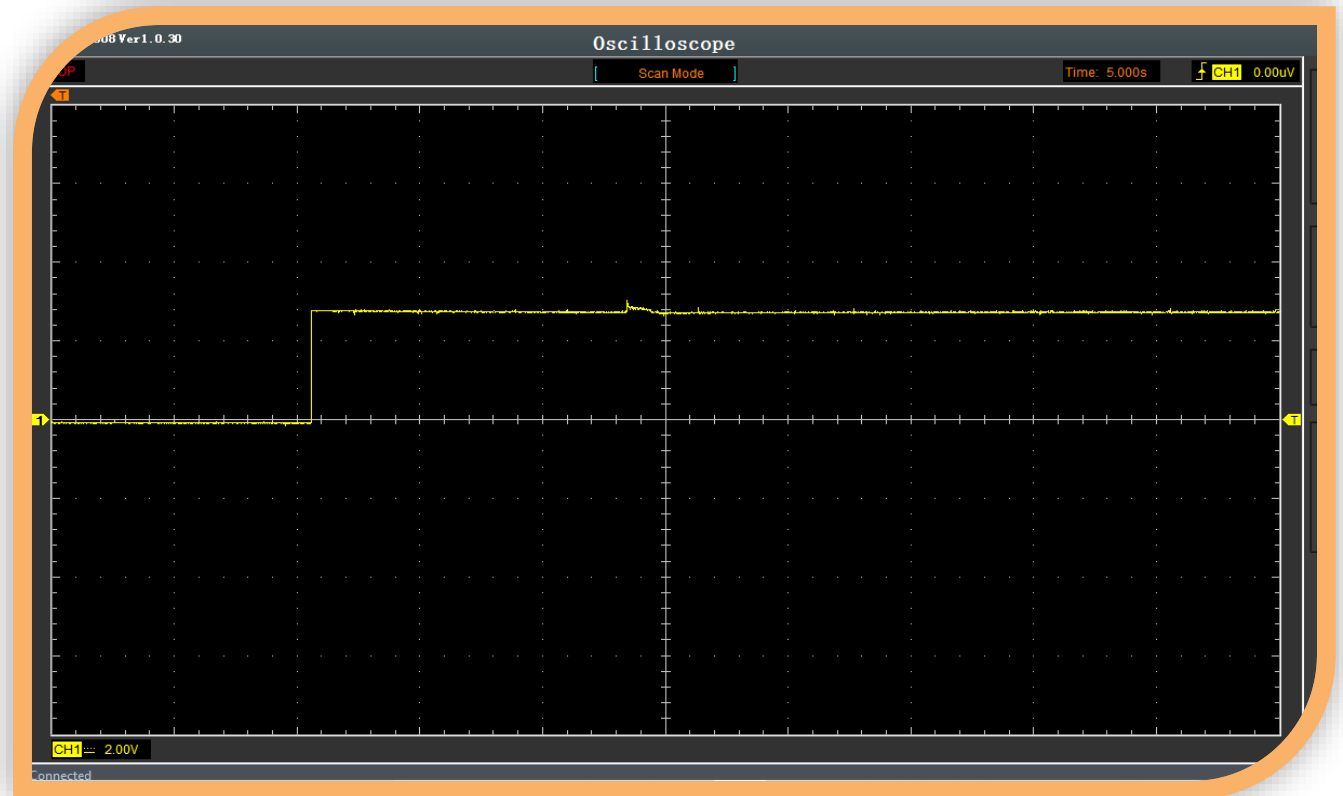


Sensor IAT (Temperatura de Aire de Entrada)

Figura de Lissajous



Oscilograma



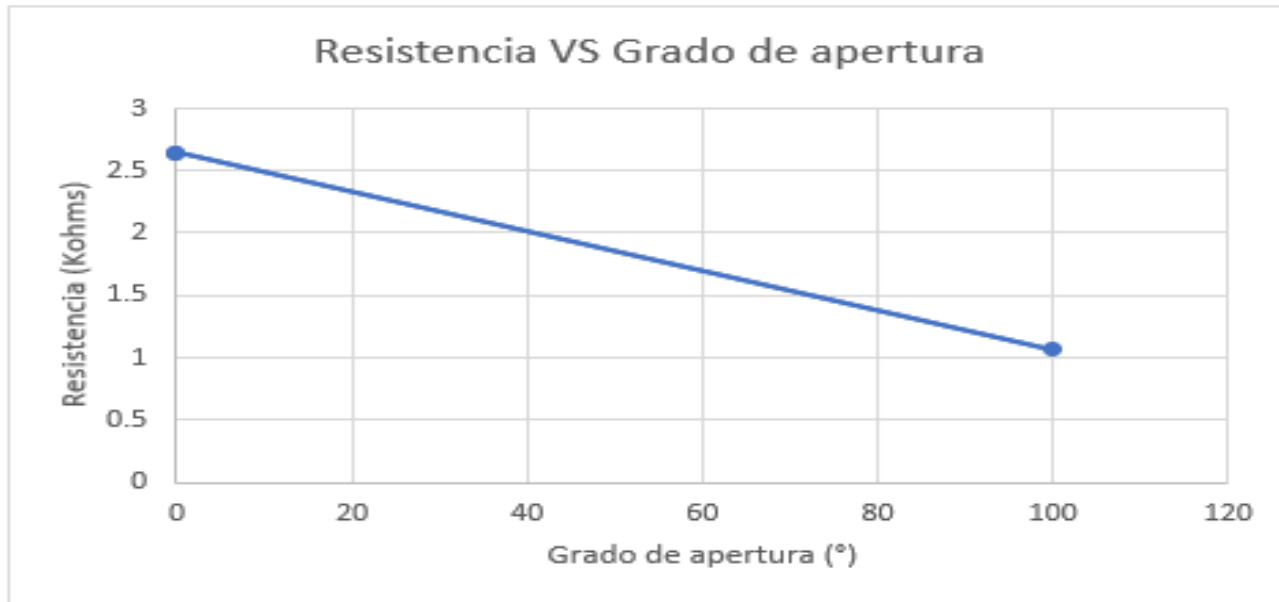
Sensor TPS (Sensor de posición del acelerador)

Sensor TPS

Voltaje de masa	1.4 mV
Voltaje de referencia	5.02 V
Voltaje de señal con aleta al 0%	4.56 V
Voltaje de señal con aleta al 100%	0.26 V

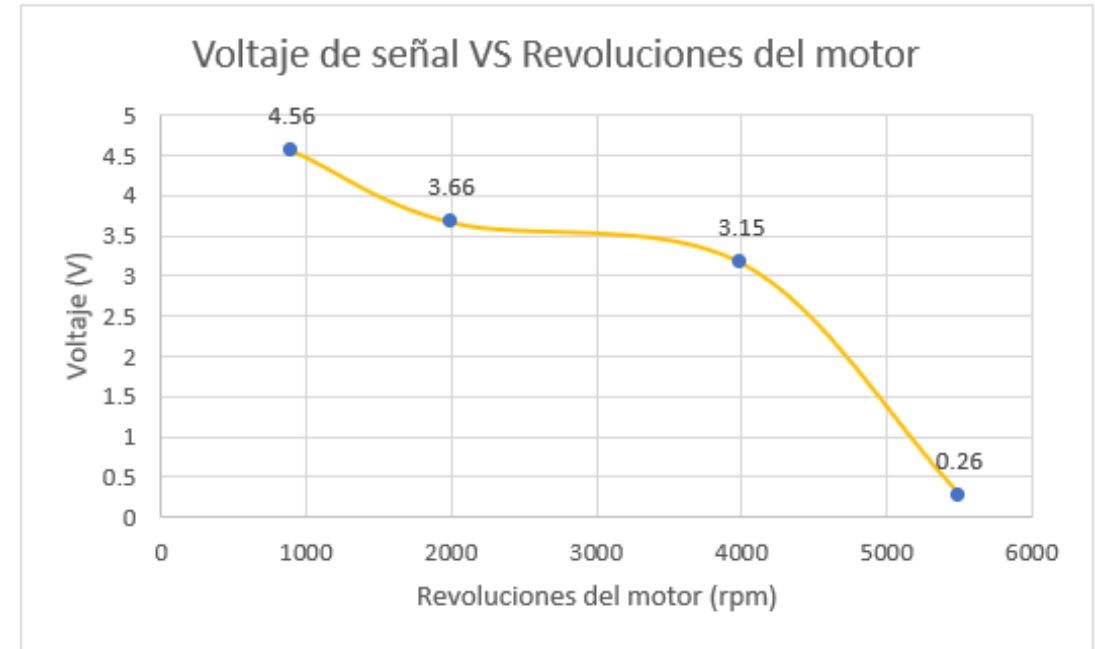
Sensor TPS

Resistencia (K Ω)	Grado de apertura (°)
2.64	0
1.06	100



Sensor TPS (Sensor de posición del acelerador)

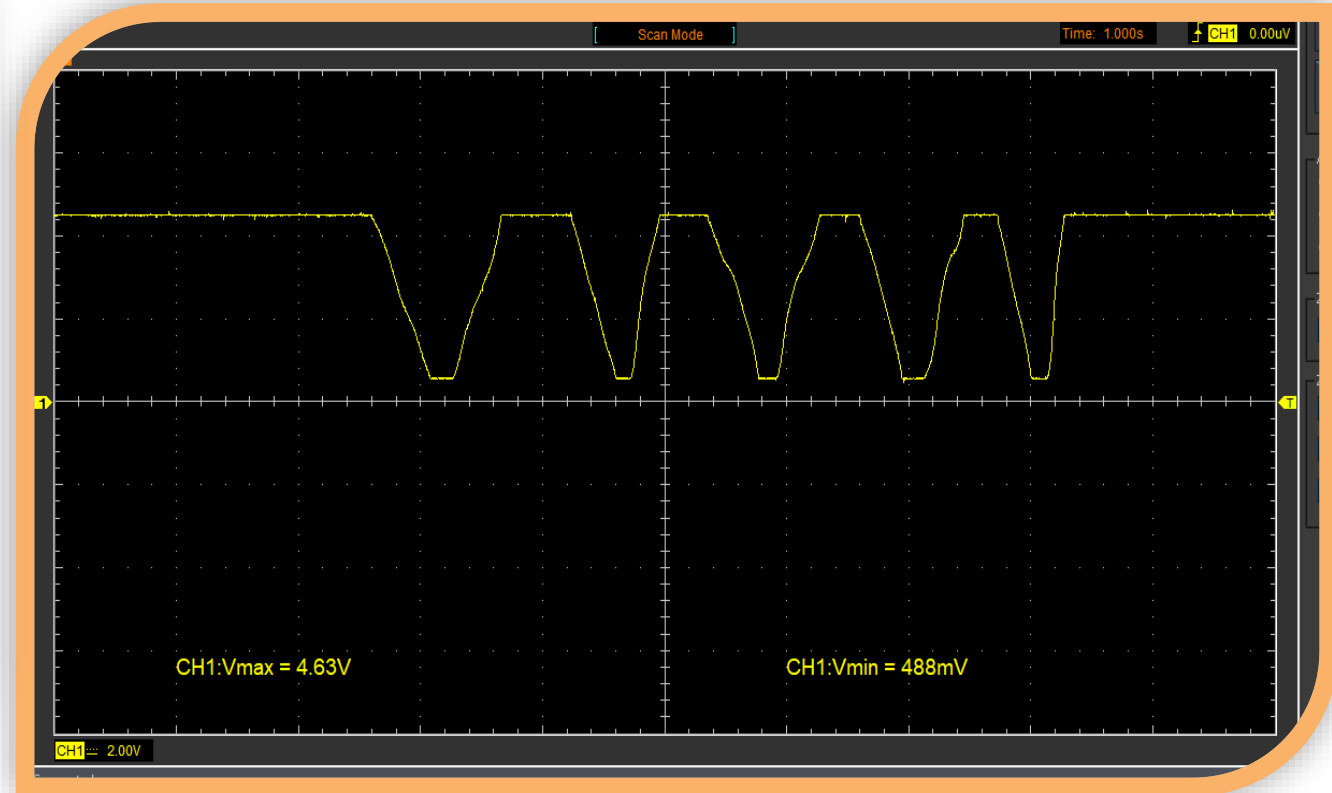
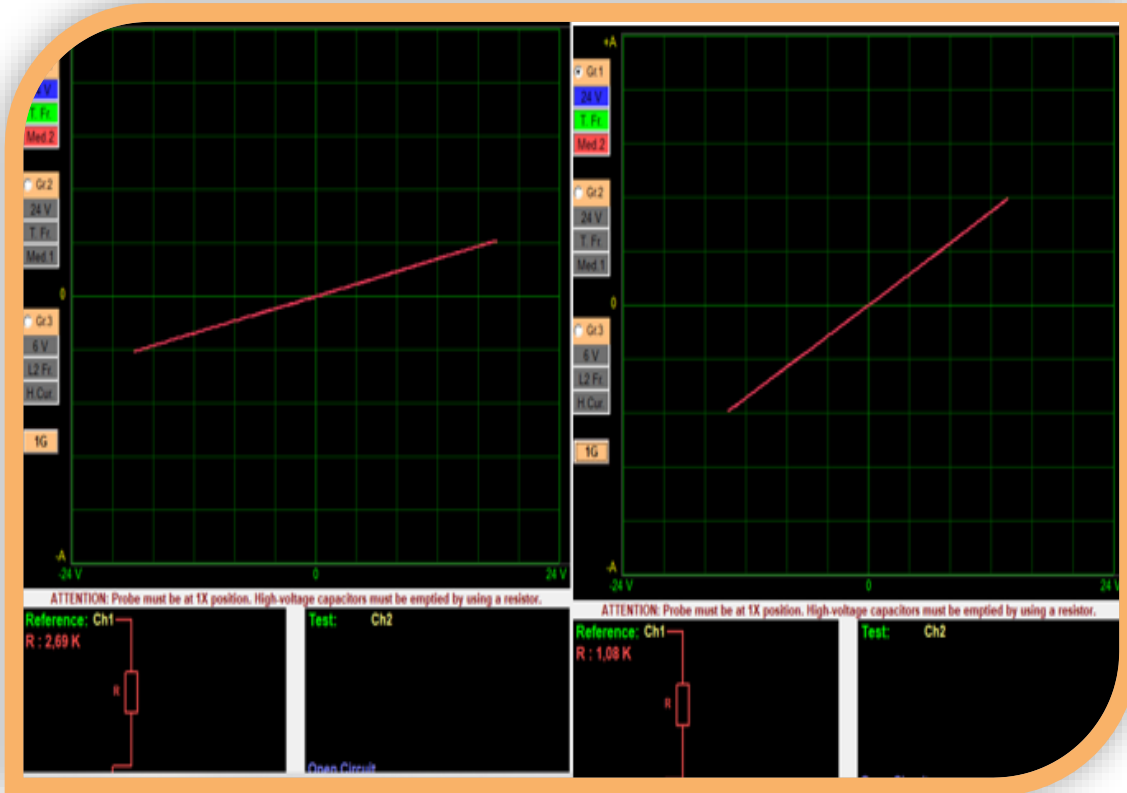
Sensor TPS	
Voltaje (V)	Revoluciones del motor (RPM)
4.56	900
3.66	2000
3.15	4000
0.26	5500



Sensor TPS (Sensor de posición del acelerador)

Figura de Lissajous

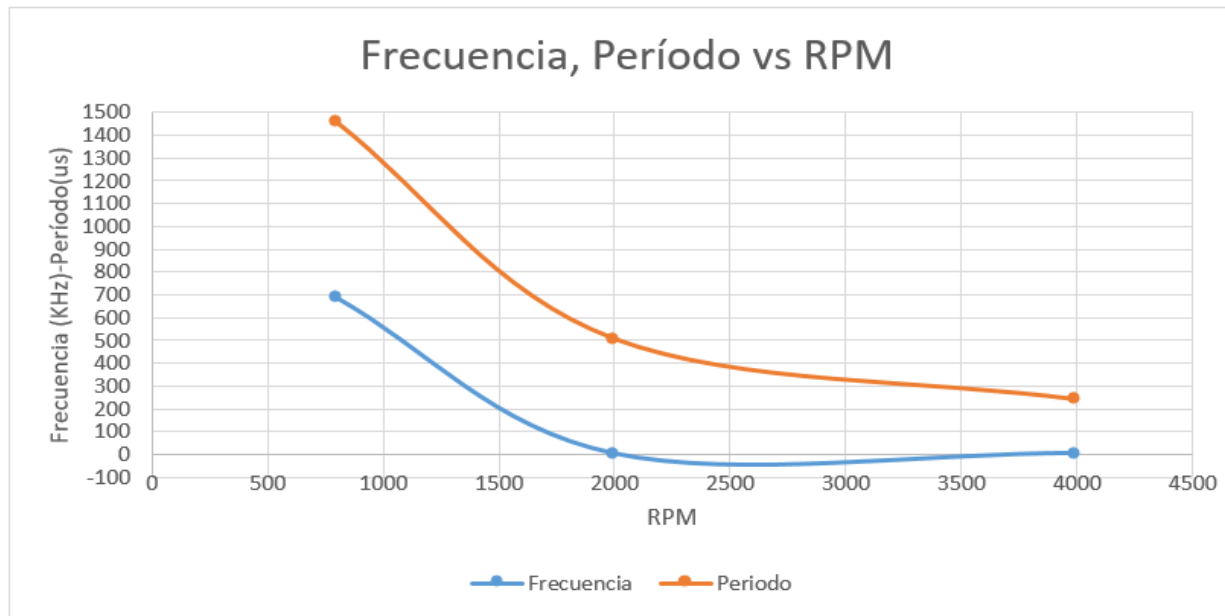
Oscilograma



Sensor CKP (posición del cigüeñal)

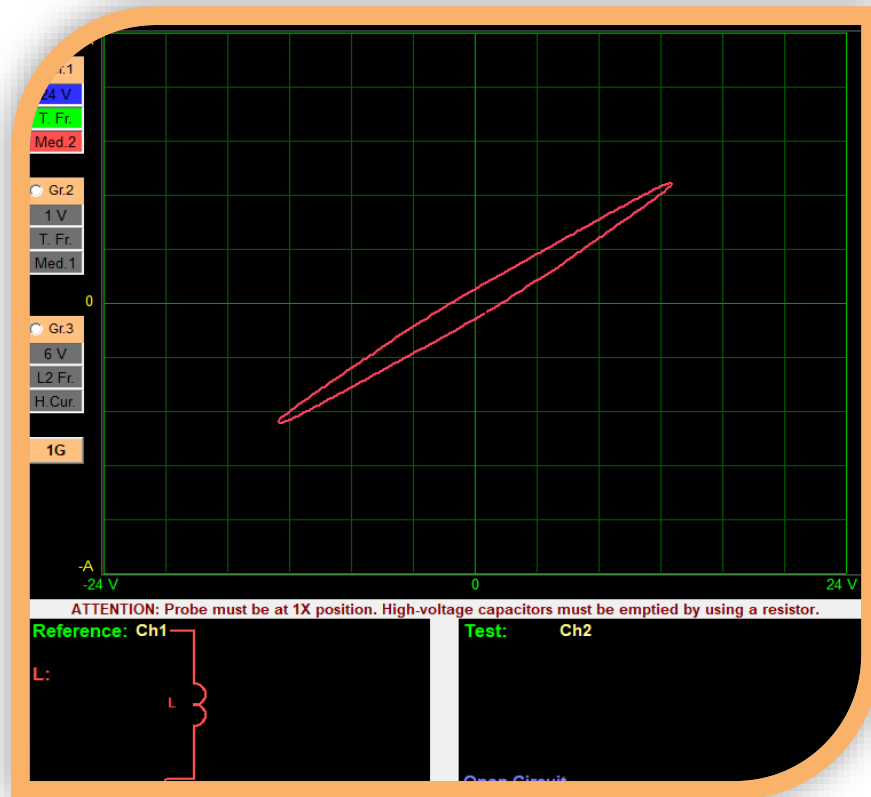
Sensor CKP			
Revoluciones (rpm)	Frecuencia (KHz)	Período (ms)	Voltaje (V)
800	685.74	1.46	8.03
2000	1.974	0.507	18.6
4000	4.167	0.204	20.4

Sensor CKP	
Resistencia	0.873 k Ω

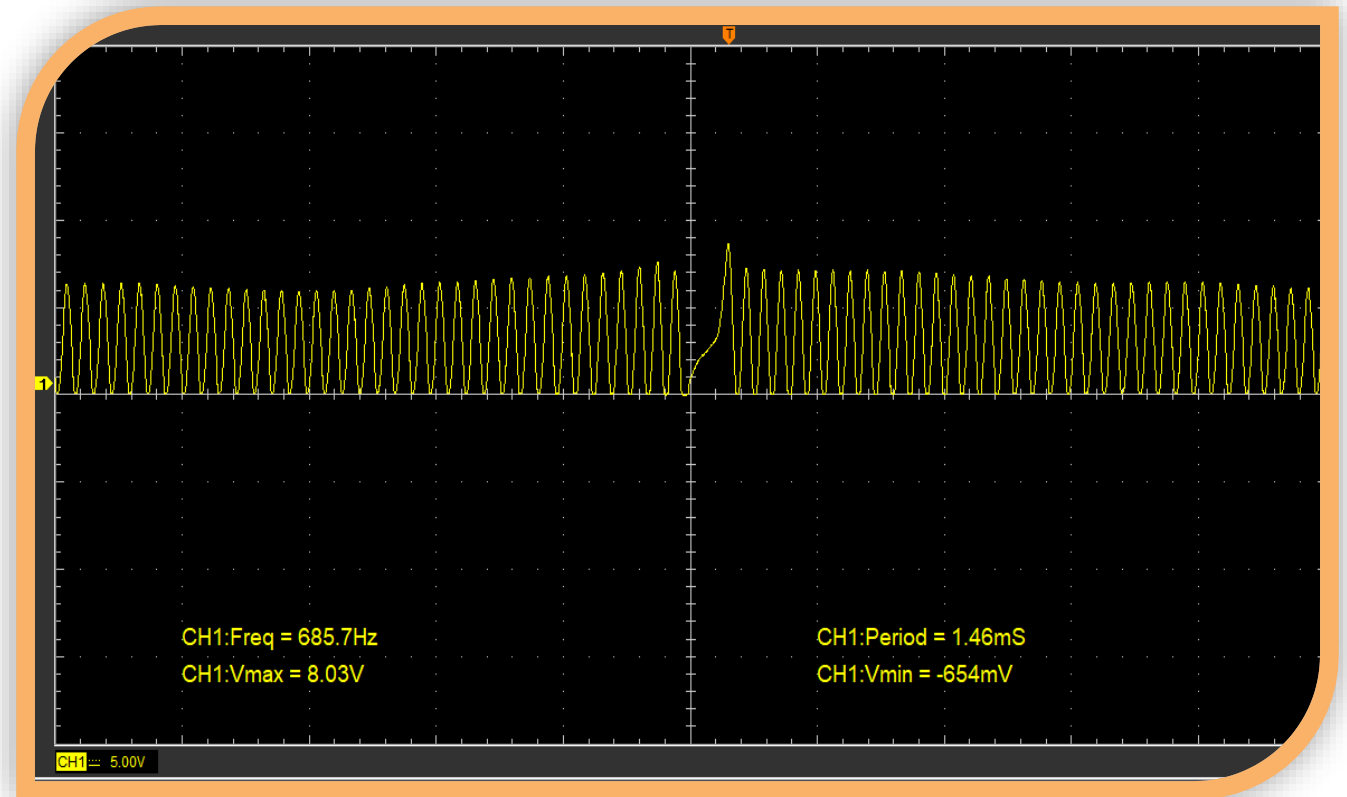


Sensor CKP (posición del cigüeñal)

Figura de Lissajous



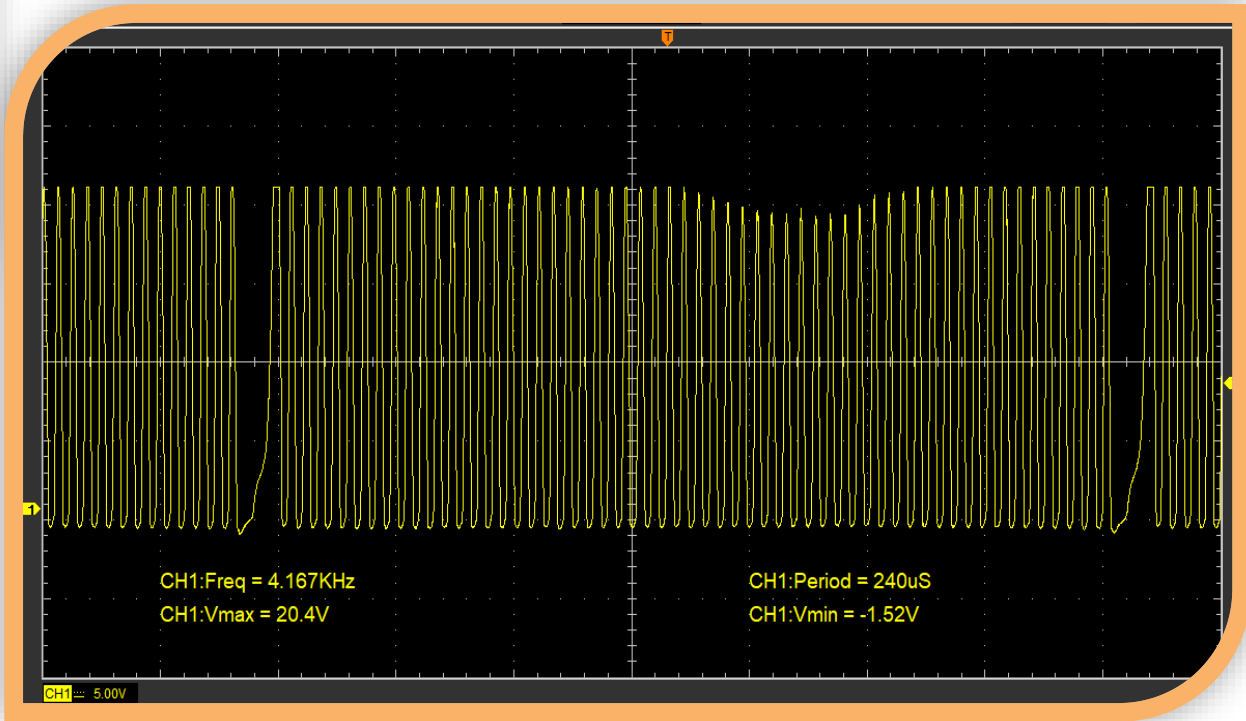
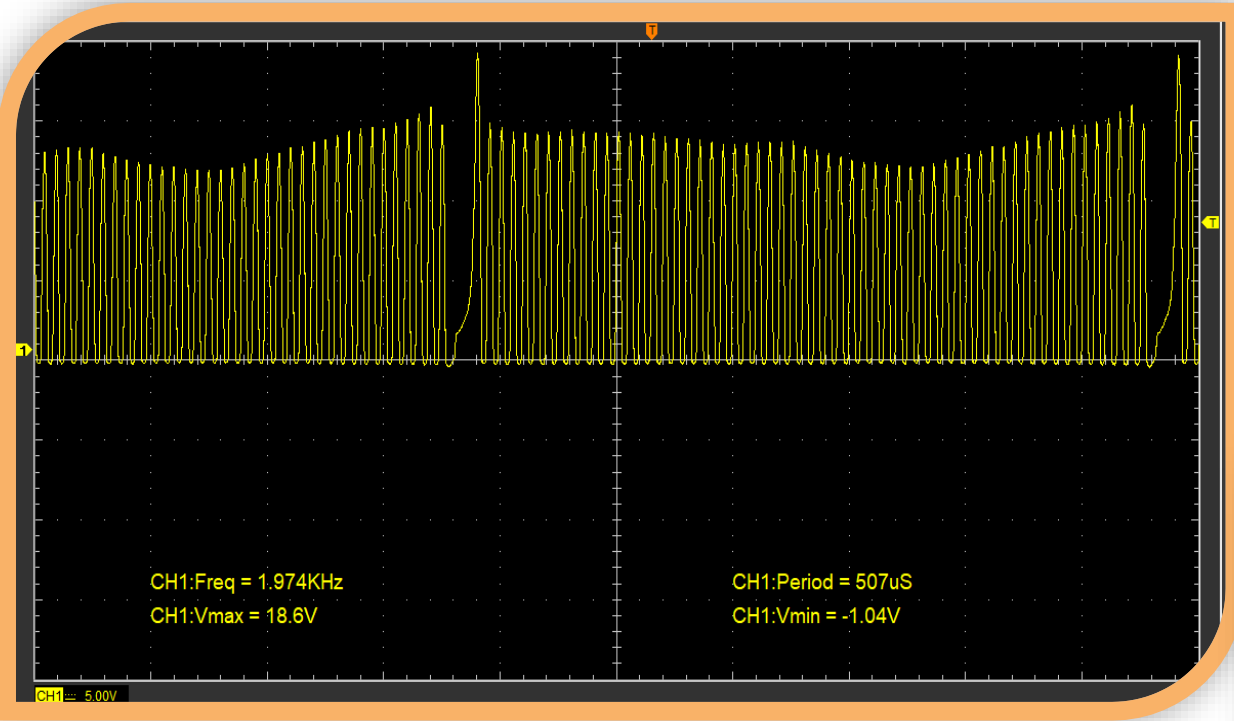
Oscilograma en ralentí



Sensor CKP (posición del cigüeñal)

Oscilograma a 4000 rpm

Oscilograma a 2000 rpm



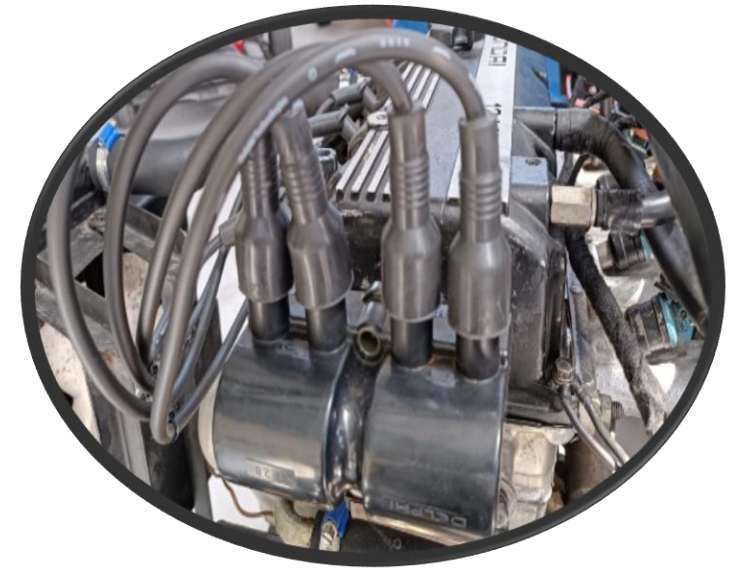
Bobina de encendido

Bobina

Resistencia en el bobinado secundario	5.14 k Ω
Resistencia en el bobinado primario (Ignición 1)	2.81 k Ω
Resistencia en el bobinado primario (Ignición 2)	2.85 k Ω

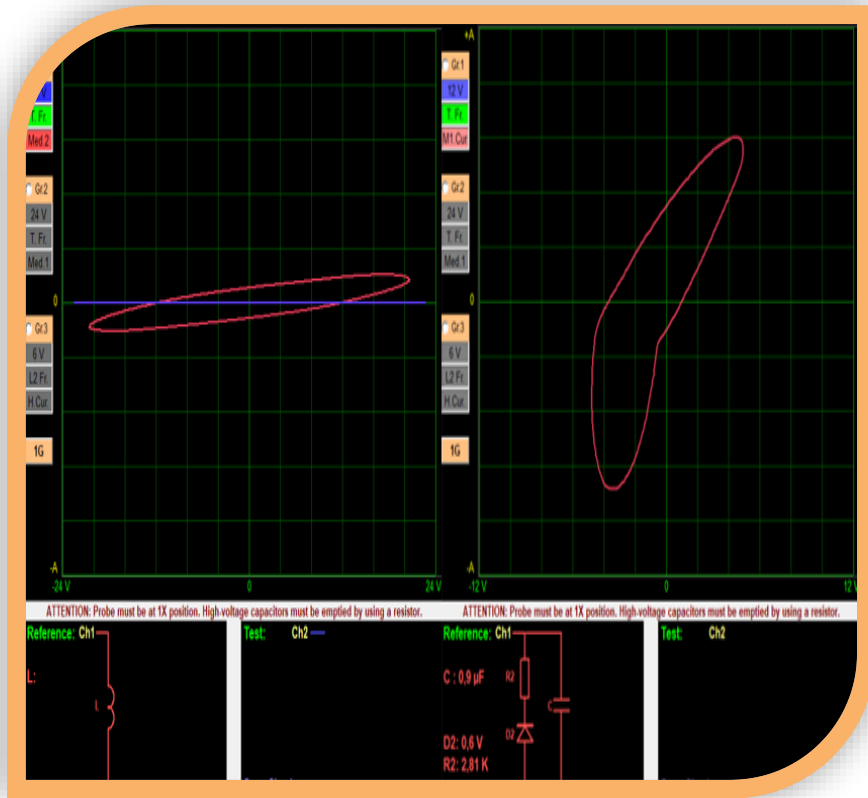
Bobina de encendido

Voltaje de masa	2.1 mV
Voltaje de referencia	12.56 V
Voltaje de Ignición 1	2.35 V
Voltaje de Ignición 2	2.35 V

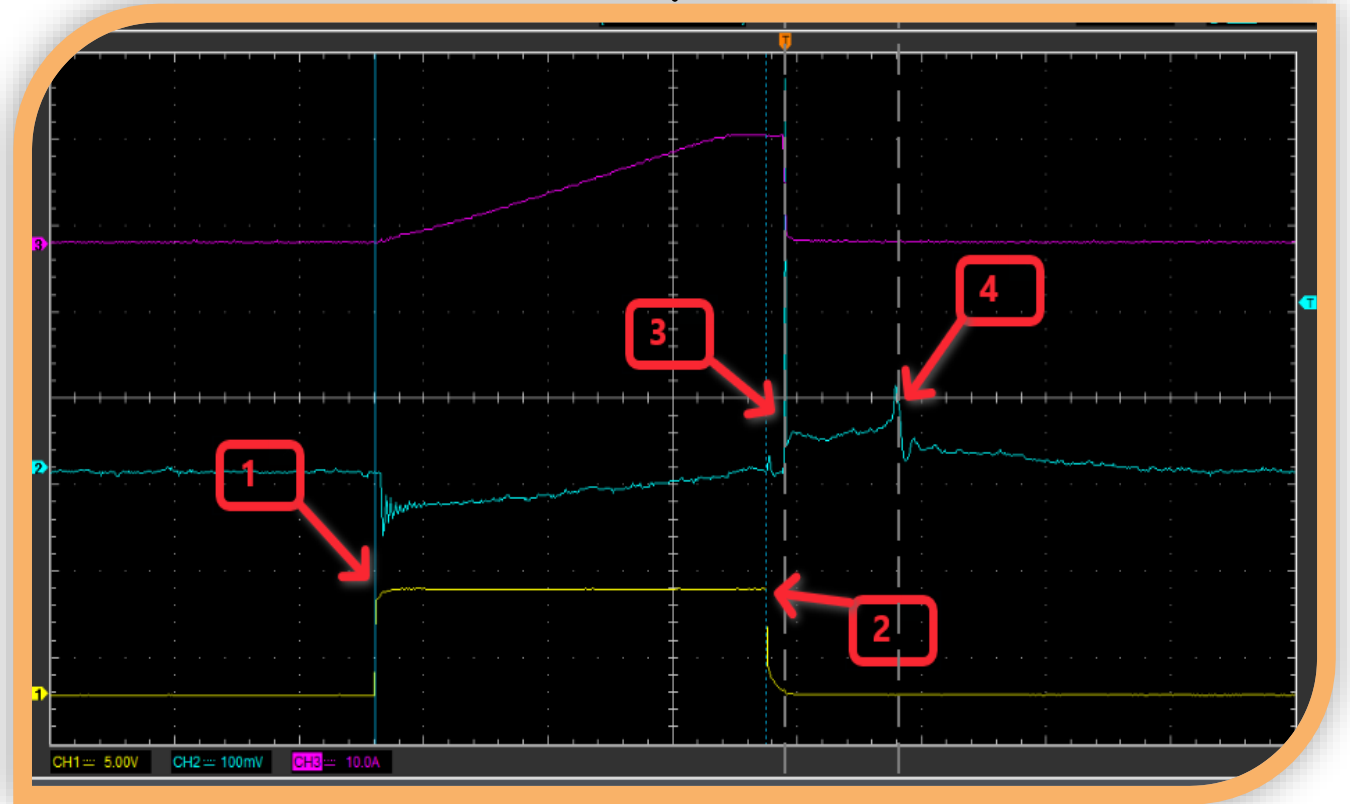


Bobina de encendido

Figura de Lissajous



Oscilograma a 4000 rpm



Bomba de combustible



Bomba de combustible

Resistencia (Ω)

3.1 k Ω

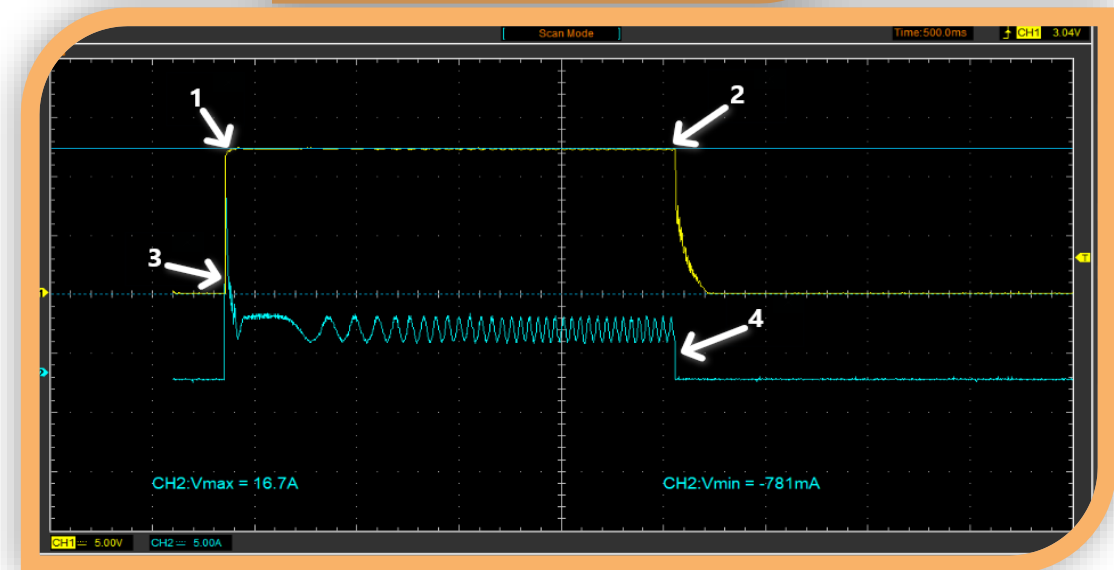
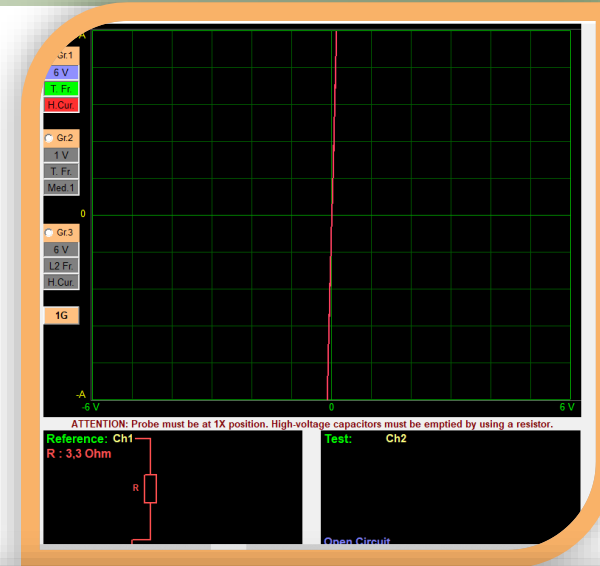
Bomba de combustible

Voltaje de masa

1.8 mV

Voltaje de alimentación

12.56 V



Ventilador eléctrico



Bomba de combustible

Resistencia (Ω)

3.1 k Ω

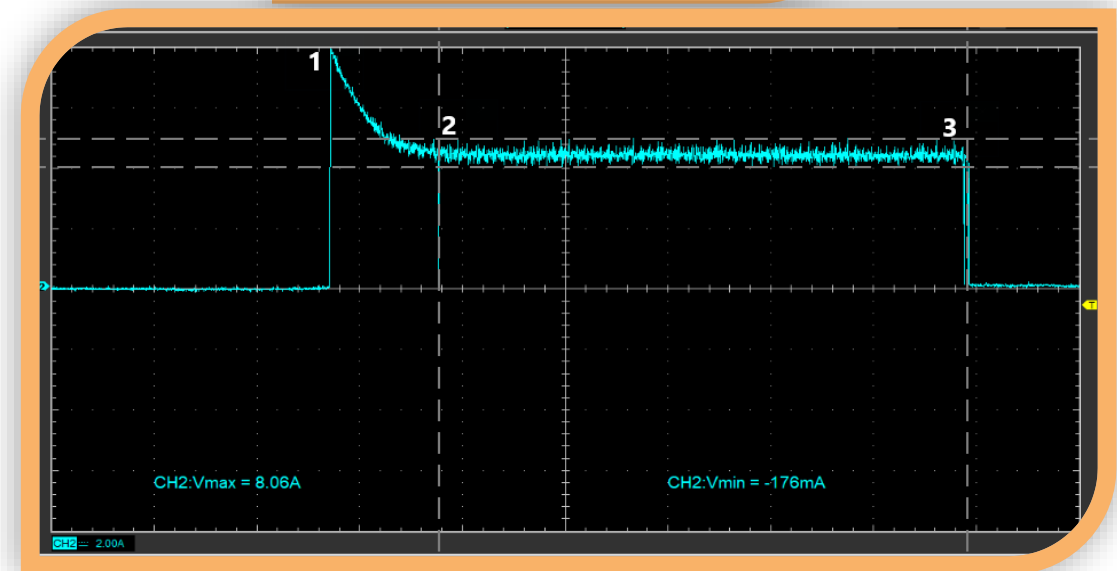
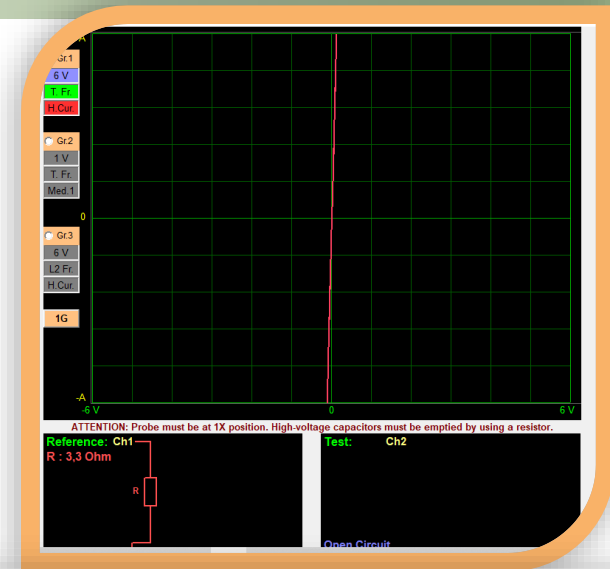
Bomba de combustible

Voltaje de masa

1.8 mV

Voltaje de alimentación

12.56 V



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Inyector

Inyector

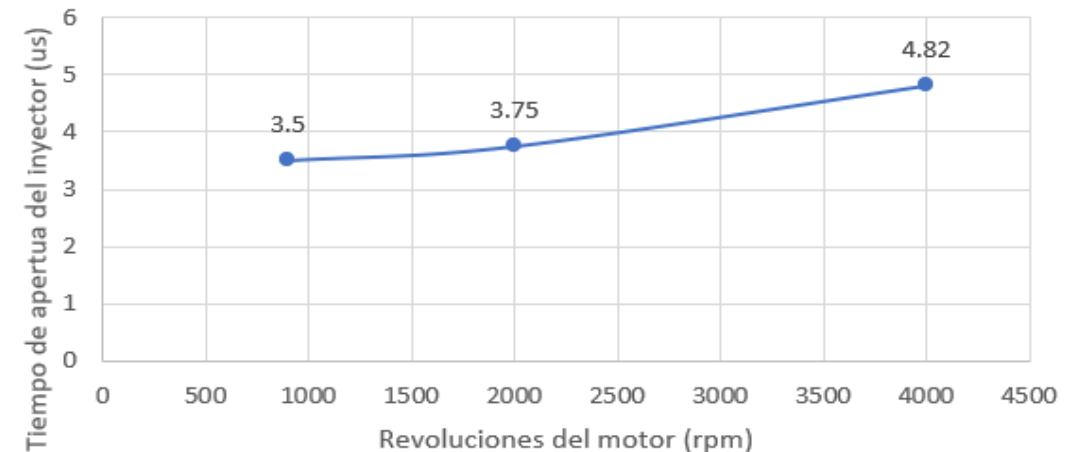
Voltaje de alimentación (V)	1.4
Voltaje de control de masa (mV - V)	12.42 (inyector desactivado) 0.3 (inyector activado)

Tiempo de inyección

900 rpm	3.50 ms
2000 rpm	3.75 ms
4000 rpm	4.82 ms

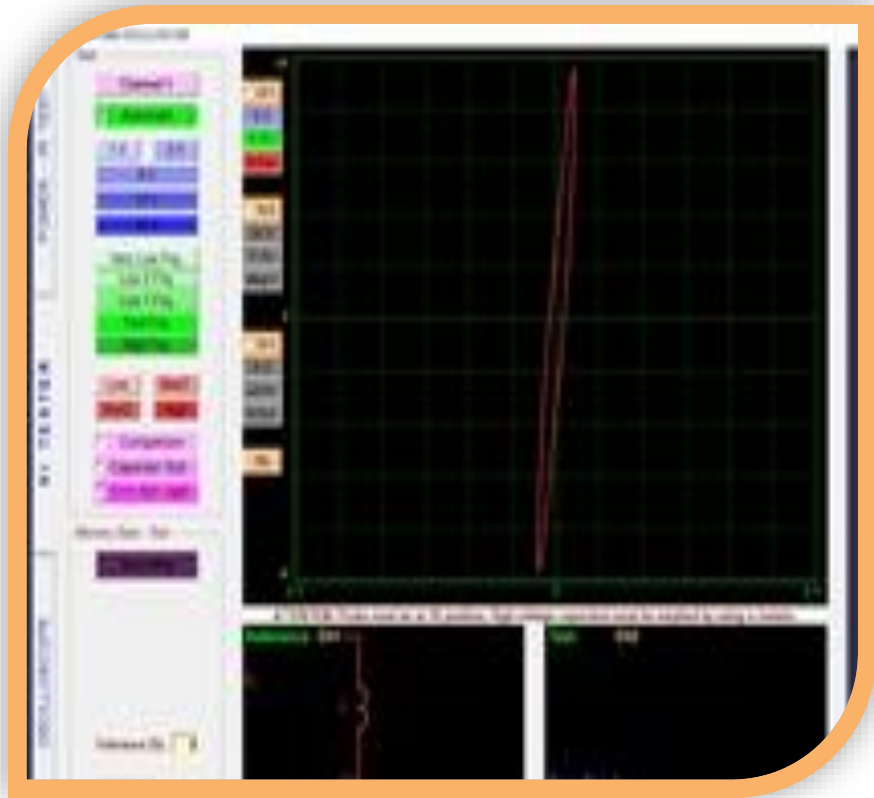


Tiempo de apertura del inyector VS Rev del motor

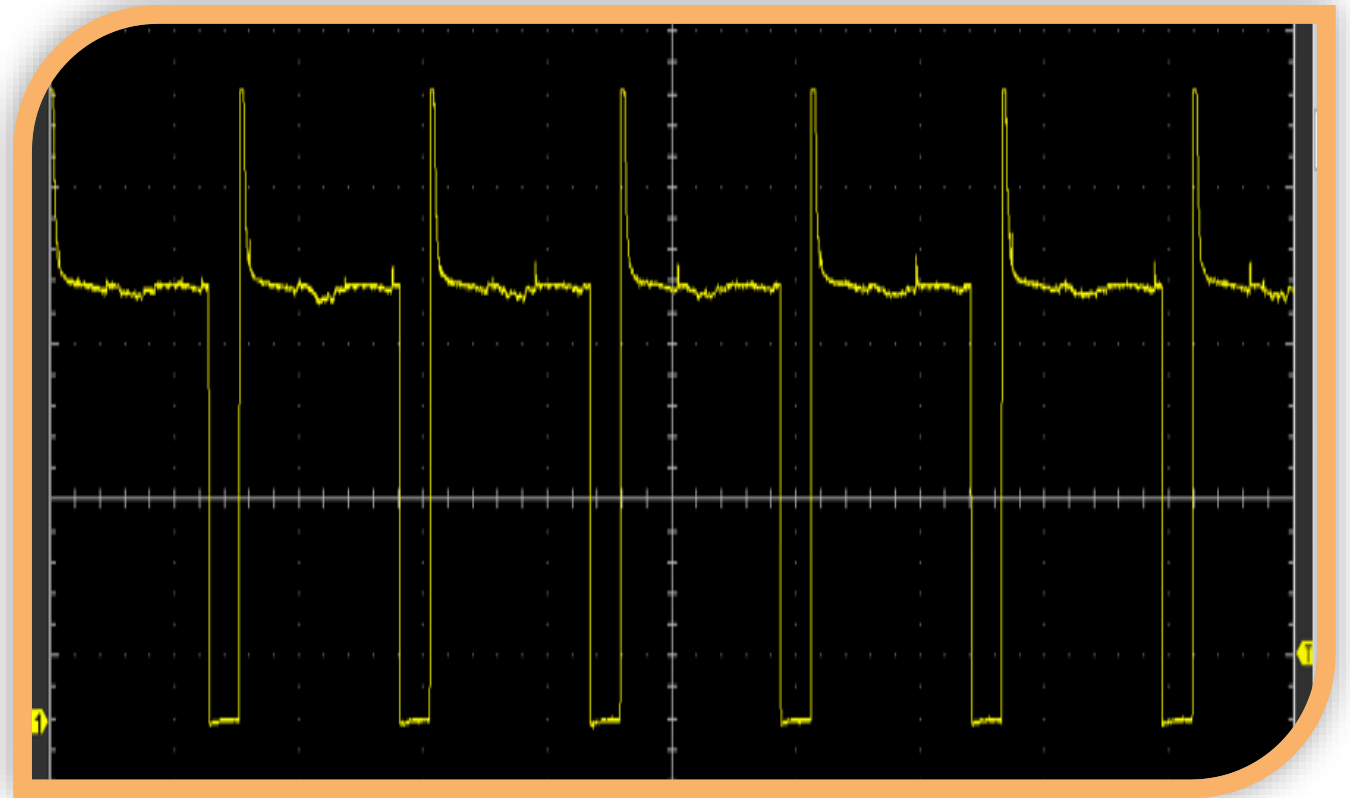


Inyector

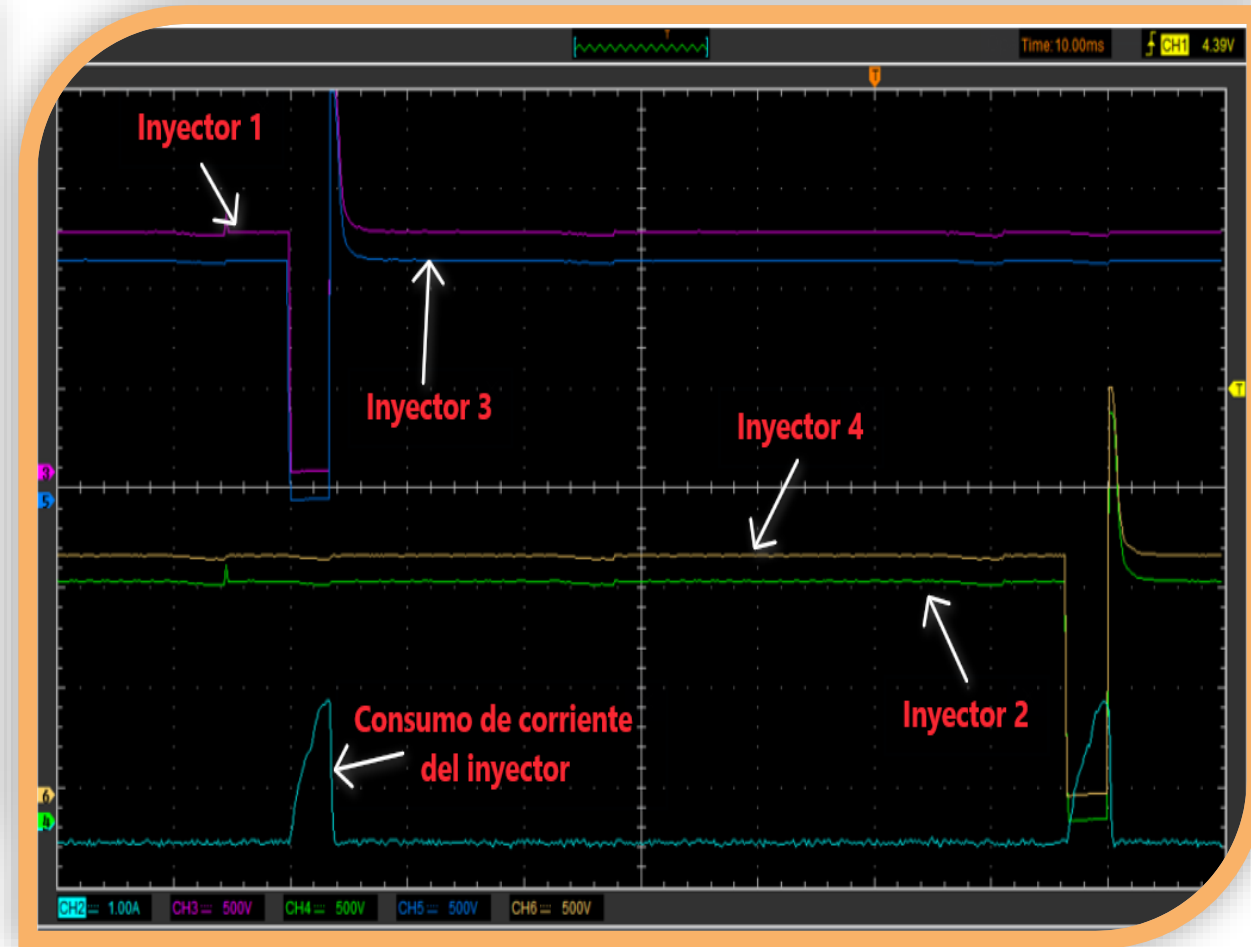
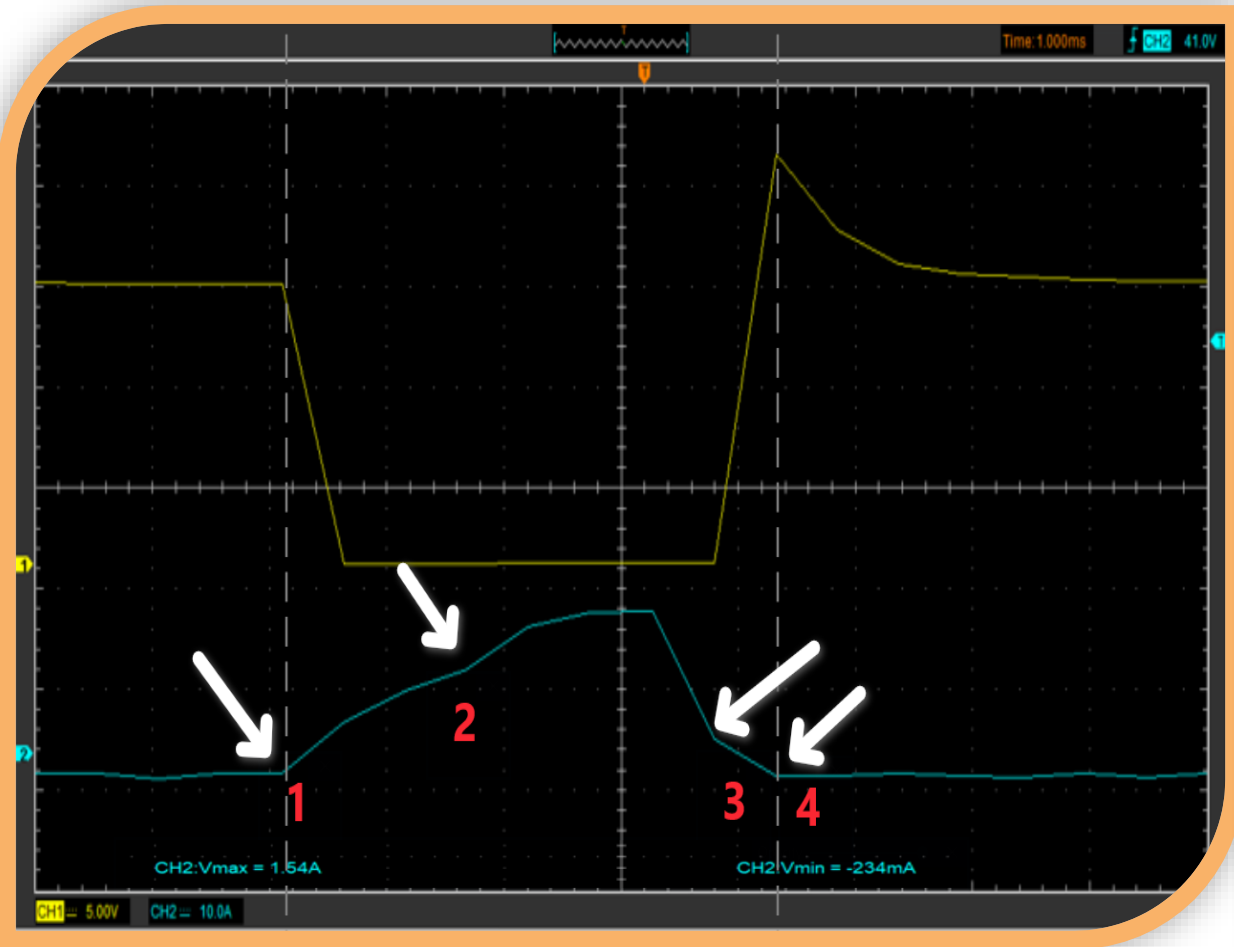
Figura de Lissajous



Oscilograma



Inyector – consumo de corriente



Pruebas de diagnóstico mecánico



Pruebas de diagnóstico mecánico – compresión relativa

Procedimiento para la obtención del oscilograma

Desconectar el relé o fusible de alimentación de los inyectores.

Conectar pinza amperimétrica al borne positivo o negativo de la batería.

Conectar la sonda de encendido al cable que va de la bobina a la bujía.

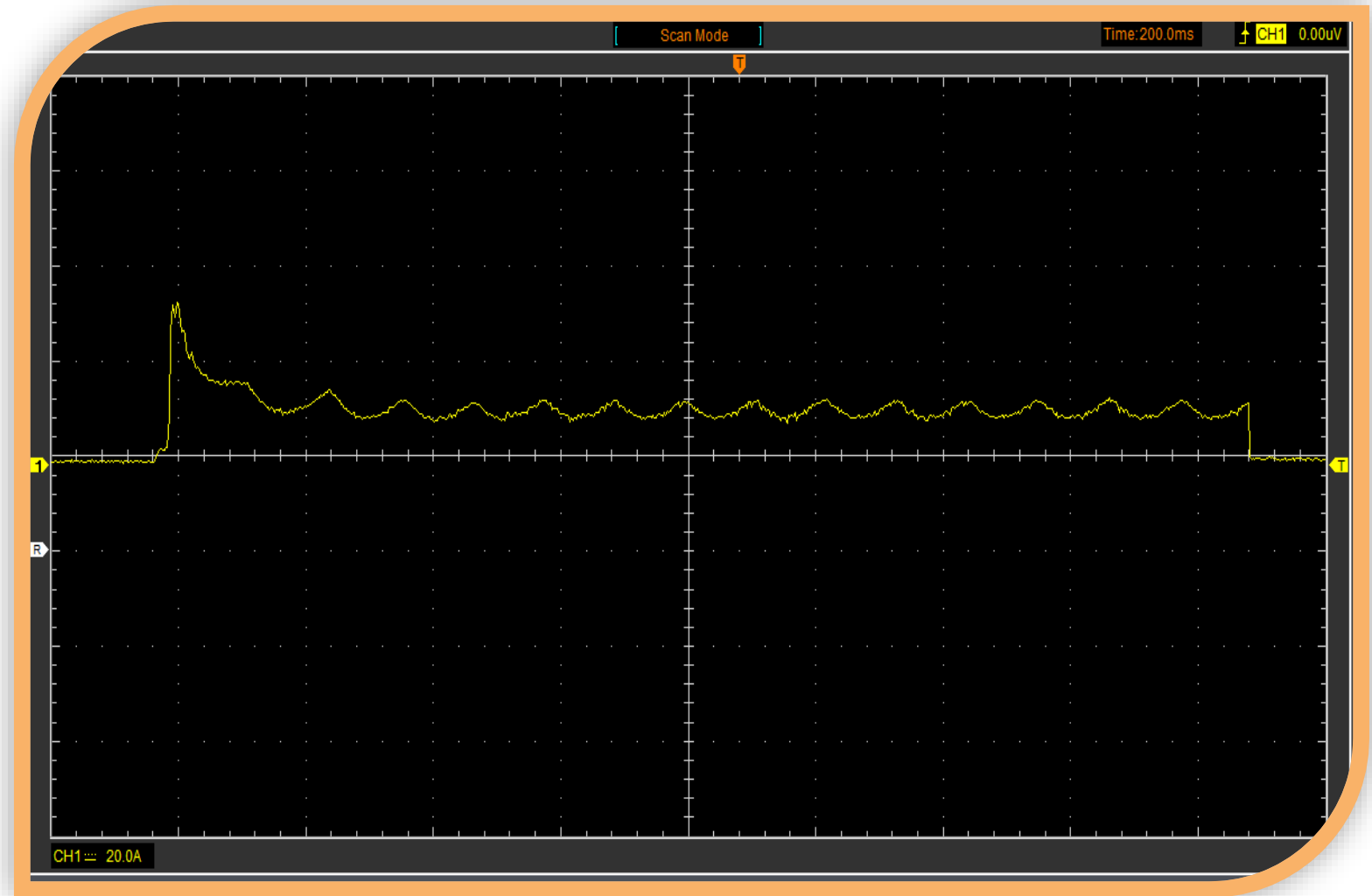
Ajustar los parámetros de calibración del osciloscopio para obtener una buena visualización de imagen.

Dar marcha al motor y capturar la imagen obtenida.



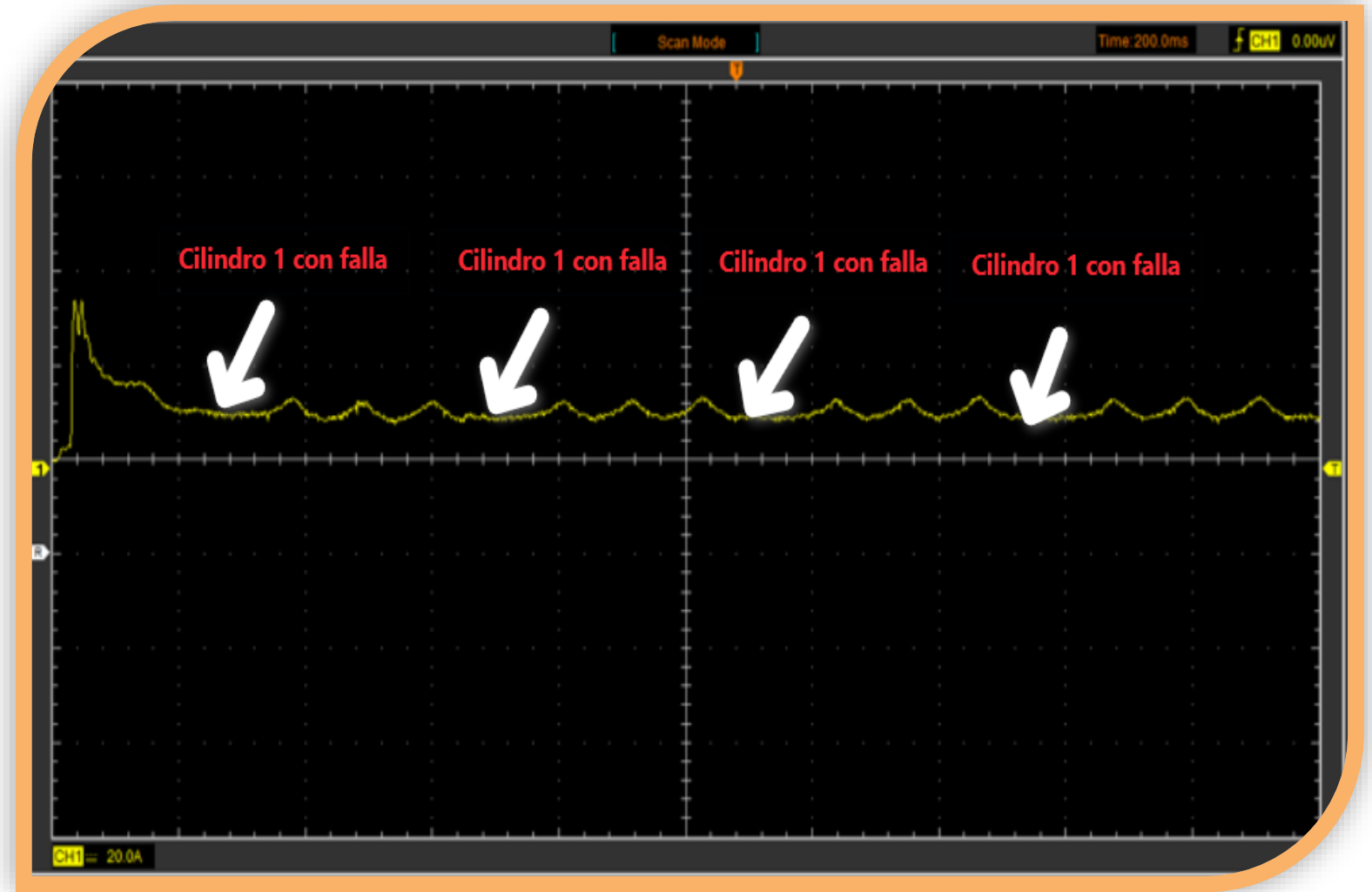
Pruebas de diagnóstico mecánico – compresión relativa

Oscilograma de compresión relativa obtenido del motor Hyundai Scoupe 1995



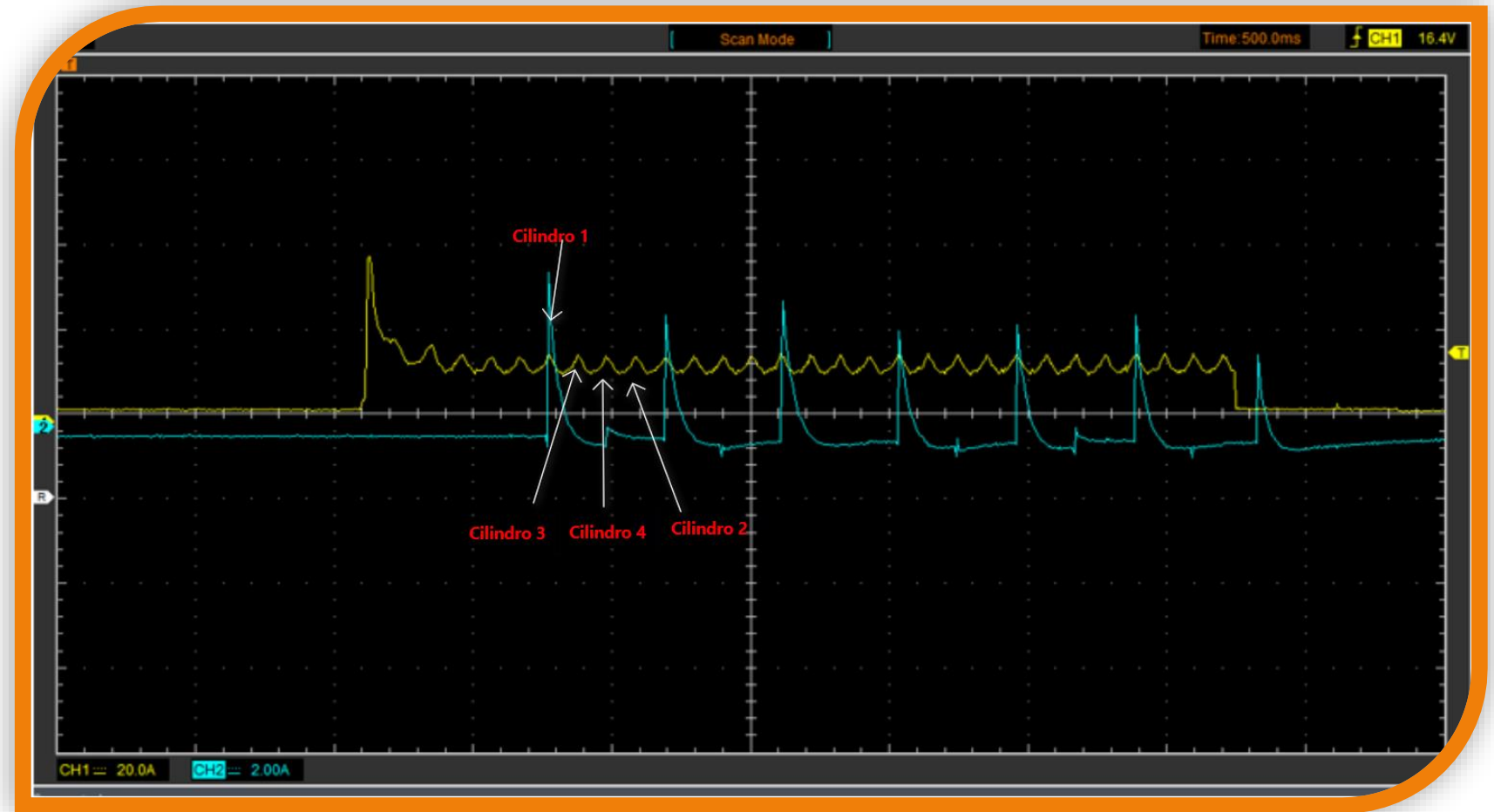
Pruebas de diagnóstico mecánico – compresión relativa

Oscilograma de compresión relativa desconectado el cable de la bujía del primer cilindro obtenido del motor Hyundai Scoupe 1995



Pruebas de diagnóstico mecánico – compresión relativa

Oscilograma de compresión relativa conectado la pinza amperimétrica y la sonda de encendido obtenido del motor Hyundai Scoupe 1995



Pruebas de diagnóstico mecánico – Presión en el cilindro

Procedimiento para la obtención del oscilograma de presión del cilindro del motor Hyundai Scoupe 1995

Encender el motor hasta que llegue a temperatura ambiente, posteriormente apagar el mismo

Retirar la bujía del primer cilindro

Instalar el transductor de presión en el orificio de la bujía extraída del cilindro número uno y la otra parte del transductor conectar al osciloscopio

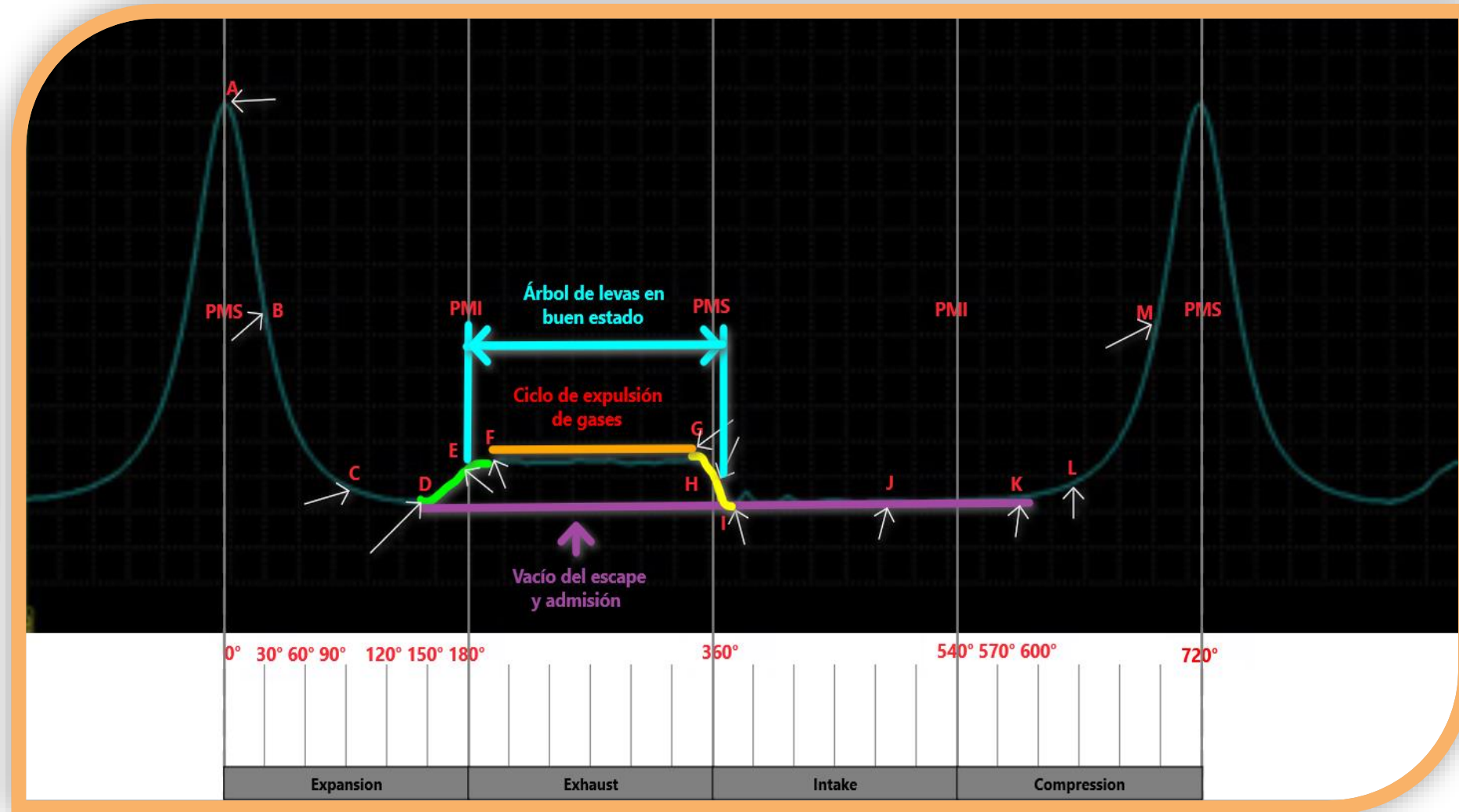
Calibrar el osciloscopio para obtener una buena imagen del oscilograma de presión.

Capturar la imagen obtenida del oscilograma para realizar el análisis respectivo.



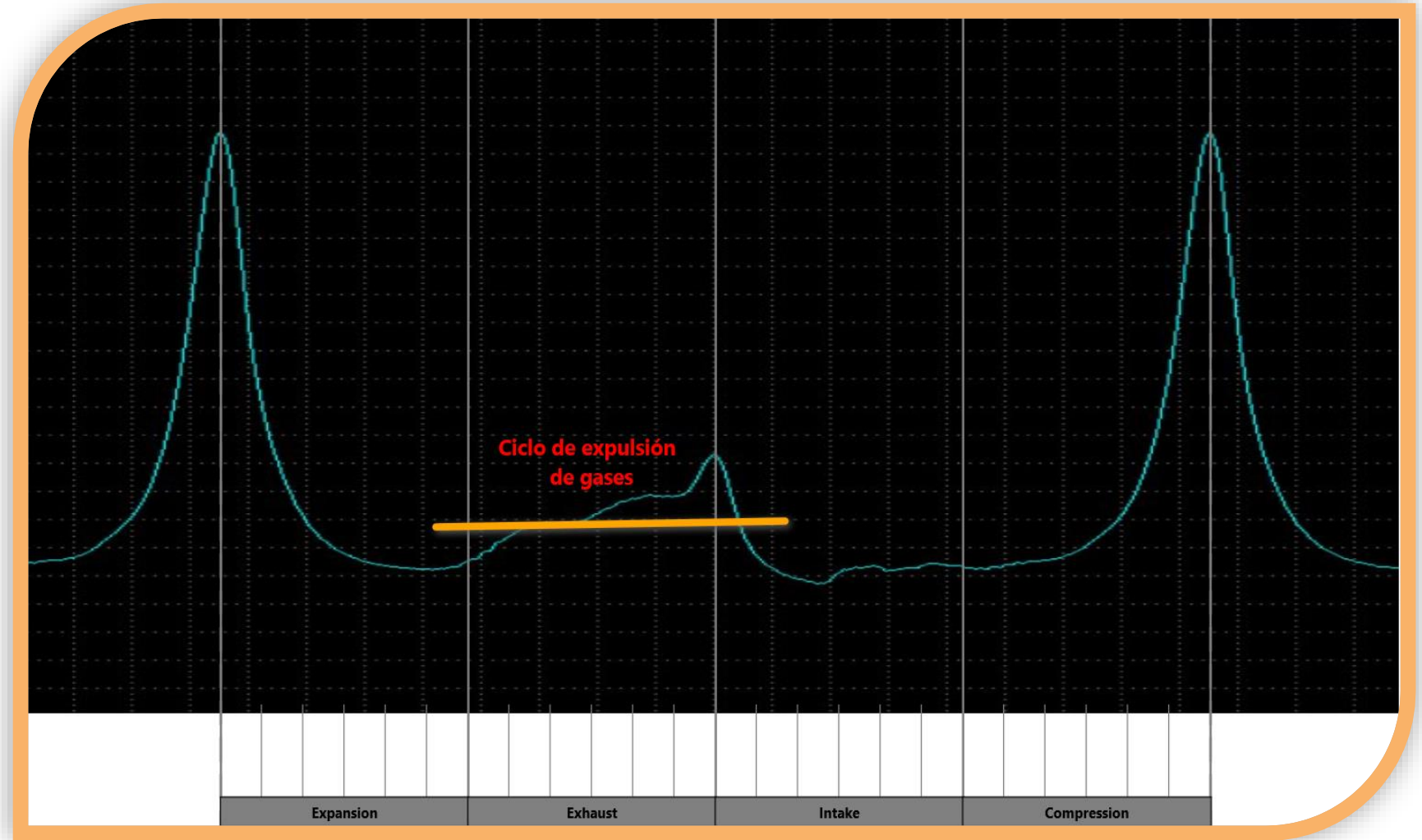
Pruebas de diagnóstico mecánico – Presión en el cilindro

Oscilograma de presión del cilindro obtenido del motor Hyundai Scoupe 1995



Pruebas de diagnóstico mecánico – Presión en el cilindro

Oscilograma de presión del cilindro obtenido del motor Hyundai Scoupe 1995, al generar un taponamiento del tubo e escape



Conclusiones y recomendaciones



Conclusiones

- El oscilograma del cilindro se muestra como un enfoque diagnóstico altamente eficaz para identificar problemas de naturaleza mecánica en el interior del cilindro del motor. Esto se debe a su capacidad para identificar deficiencias en la compresión del cilindro, inadecuado sellado de las válvulas de admisión y escape, desajustes en la sincronización del sistema de distribución, así como la presencia de fugas de vacío en el cilindro. Mediante este método, se logró evaluar el estado del cilindro en el motor del Hyundai Scoupe 1995. Los resultados de la prueba de oscilograma indicaron que no se encontraron fallos en el cilindro y, además, confirmaron que la sincronización del motor se ejecutó de manera exitosa.
- Uno de los métodos más ágiles y simples del diagnóstico mecánico automotriz para verificar el nivel de compresión efectuado por el motor se denomina prueba de compresión relativa. A través de la implementación de esta prueba, se pudo constatar que los cuatro cilindros del motor del Hyundai Scoupe 1995 presentan un estado óptimo de compresión en sus operaciones. Cabe recalcar que esta prueba no mide los valores de compresión del cilindro, sino que, a través del gráfico obtenido en el osciloscopio, se logra discernir cuáles de los cilindros pueden estar experimentando fallos.



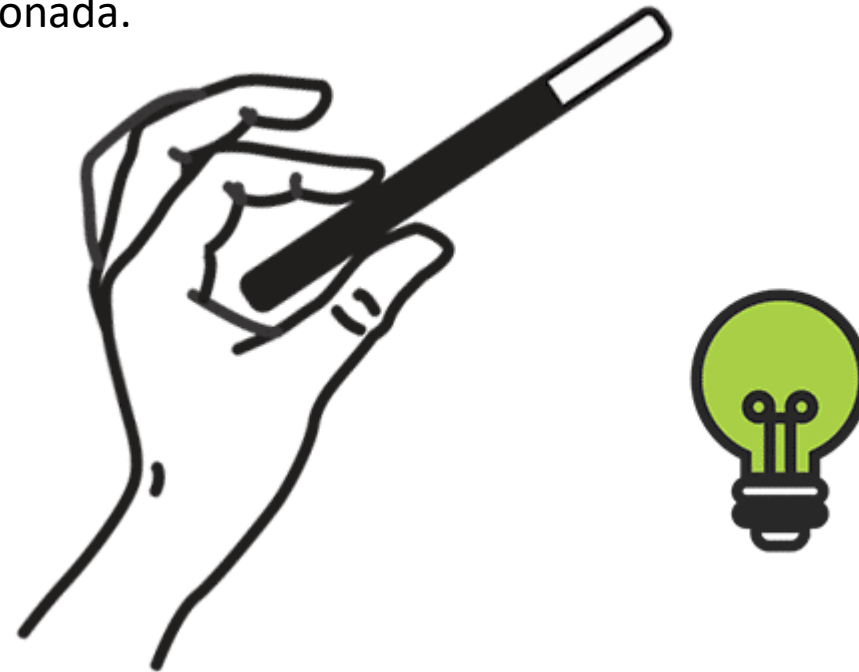
Conclusiones

- Al conectar una sonda de encendido a cualquiera de los cuatro cables de las bujías, es posible obtener un oscilograma que muestra el incremento en el voltaje que fluye por estos cables. Este aumento de voltaje se lo puede comparar con el oscilograma de compresión relativa y de esta forma se puede saber cuál es el número de cilindro que está realizando el aumento de voltaje. Esta evaluación nos brinda la capacidad de determinar el número de cilindro a analizar en el oscilograma de compresión relativa cuando su ubicación es desconocida.
- Utilizando el diagnóstico mediante la técnica de imagen de Lissajous, se logró verificar tanto el funcionamiento de los sensores y actuadores como la configuración y apariencia visual de sus representaciones. Esto permitió identificar las características de resistencias convencionales, resistencias ajustables (potenciómetros) y bobinas, que están presentes en los componentes internos de los sensores y actuadores del motor del Hyundai Scoupe 1995.



Conclusiones

- Se llevó a cabo la puesta punto del motor de combustión interna y sus principales sistemas con ayuda de información técnica, obtenida de softwares utilizados en la industria automotriz, tal como el software ALLDATA, además se utilizó equipos de verificación y control. Finalmente, para comprobar la puesta a punto se llevó a cabo la verificación de alineación de marcas de reglaje en la distribución y verificación de componentes eléctricos y mecánicos que integra cada sistema del motor con la información técnica antes mencionada.



Recomendaciones

- Para una correcta comprobación de los componentes eléctricos y electrónicos del motor, se recomienda trabajar con el manual técnico del motor o con cualquier programa que brinde este tipo de información, de esta forma se podrá saber las mediciones exactas de sensores y actuadores, y realizar un diagnóstico electrónico satisfactorio.
- Se debe tener precaución al momento de utilizar las agujas para la toma de datos. Ya que, al realizar este proceso de medición con el multímetro u osciloscopio, se puede afectar el cable o pines de sensores y actuadores, de esta forma se puede ocasionar un mal funcionamiento de sensores y actuadores y por ende, un mal funcionamiento del motor.
- Para obtener una buena visualización de los oscilogramas tanto de sensores, como de actuadores, se debe tener en cuenta el ajuste y calibración del osciloscopio, caso contrario la visualización en pantalla será deficiente y no se podrá realizar un buen análisis.



Recomendaciones

- Para la obtención de datos al momento de trabajar con la pinza amperimétrica, en primera instancia se debe revisar que esta esté encendida. Una vez realizada esta inspección se debe colocar la flecha de la pinza en el sentido a donde se dirige la corriente, caso contrario, el oscilograma que se obtenga en el osciloscopio se visualizará de forma invertida.
- Es de gran importancia alinear bien y verificar las marcas de reglaje en la distribución del motor, ya que juega un papel crucial en la puesta a punto, por ende, afecta el funcionamiento del motor en términos de rendimiento.

