



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

**Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No
Renovables**

Carrera de Ingeniería en Mecánica Automotriz

Diseño y construcción de un banco didáctico para diagnóstico y
caracterización de sensores del automóvil

Trabajo de Titulación previo a la
obtención del Título de Ingeniera
Mecánico Automotriz

AUTORA:

Carol Michelle Andrade Abad

DIRECTOR:

Ing. Christian Hernán Campoverde Ramírez, Mg. Sc.

LOJA-ECUADOR

2022

Certificación

Ing. Christian Hernán Campoverde Ramírez, Mg. Sc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Certifico:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del trabajo de titulación: “**Diseño y construcción de un banco didáctico para diagnóstico y caracterización de sensores del automóvil**”, de autoría la estudiante **Carol Michelle Andrade Abad**, previa a la obtención del título de Ingeniera Mecánico Automotriz, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Loja, 8 de junio de 2022



Firmado electrónicamente por:
**CHRISTIAN HERNAN
CAMPOVERDE RAMIREZ**

Ing. Christian Hernán Campoverde Ramírez, Mg. Sc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Carol Michelle Andrade Abad**, declaro ser autora del presente trabajo de titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Firmado electrónicamente por:
**CAROL MICHELLE
ANDRADE ABAD**

Firma

Cédula de Identidad: 1105944183

Fecha: 18 de julio del 2022

Correo electrónico: carol.andrade@unl.edu.ec

Teléfono/ Celular: 0999346875

Carta de autorización del trabajo de titulación por parte de la autora para la consulta de producción parcial o total, y publicación electrónica de texto completo

Yo, **Carol Michelle Andrade Abad**, declaro ser autora del trabajo de titulación denominado **Diseño y construcción de un banco didáctico para diagnóstico y caracterización de sensores del automóvil**, como requisito para optar el título de **Ingeniera Mecánico Automotriz**; autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional:

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

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del trabajo de de titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los dieciocho días del mes de julio del dos mil veintidós.



Firmado electrónicamente por:
**CAROL MICHELLE
ANDRADE ABAD**

Firma

Autora: Carol Michelle Andrade Abad

Cédula: 1105944183

Dirección: Loja (Esteban Godoy: Sgto. Luis Hernández & Tnte. Geovanny Calles)

Correo electrónico: carol.andrade@unl.edu.ec

Teléfono: 072653230

Celular: +593999346875

Dedicatoria

Dedico este trabajo de titulación a mis padres Efrén e Ilda, por el esfuerzo diario, la motivación y sobre todo por el amor incondicional. A mis hermanos Boris y Sebastián por acompañarme en todo momento. A Manuel y Anita, mi segunda familia. Ya que sin ellos no sería posible culminar esta etapa.

Carol Michelle Andrade Abad

Agradecimiento

Agradezco a Dios por otorgarme la maravillosa oportunidad de transitar por este camino llamado vida, y en el coincidir en tiempo y espacio con seres humanos extraordinarios, que han aportado a mi crecimiento personal y profesional.

Gracias a la prestigiosa Universidad Nacional de Loja por abrirme las puertas al conocimiento, asimismo, a la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables por su compromiso con la educación, y de manera especial a quienes conforman la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz, por la motivación, y su ardua labor en beneficio de la movilidad sostenible, el desarrollo e innovación de la automoción y la tecnología del transporte.

Carol Michelle Andrade Abad

Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos	vii
Índice de Tablas	viii
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Anexos.....	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1 Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	5
4.1 Sensores del automóvil	5
4.1.2 <i>Clasificación de sensores</i>	5
4.2 Principales sensores del automóvil	7
4.2.1 <i>Sensor de posición del cigüeñal (CKP)</i>	7
4.2.2 <i>Sensor de Posición del árbol de levas (CMP)</i>	9
4.2.3 <i>Sensor de posición del acelerador (TPS)</i>	11
4.2.4 <i>Sensor de posición del pedal del acelerador (APP)</i>	15
4.2.5 <i>Sensor de flujo másico de aire (MAF)</i>	17
4.2.6 <i>Sensor de presión absoluta del múltiple (MAP)</i>	20
4.2.7 <i>Sensor de temperatura de aire de entrada (IAT)</i>	21
4.2.8 <i>Sensor de temperatura refrigerante (ECT)</i>	23
4.2.9 <i>Sensor de picado (KNOCK)</i>	24
5. Metodología	25
5.1 Diseño del banco didáctico	25
5.1.1 Matriz QFD	26
5.1.2 Criterios Ergonómicos.....	27
5.1.3 Selección del material.....	31
5.1.4 Diseño gráfico del tablero.....	34
5.2 Construcción del banco didáctico	34
5.2.1 Instalación del vinil y ubicación de elementos	34
5.2.2 Instalación de sensores y componentes eléctricos.....	36
6. Resultados	48

6.1 Mediciones de voltaje y obtención de oscilogramas de los sensores.....	48
6.1.1 Mediciones del sensor KNOCK.....	48
6.1.2 Mediciones <i>del sensor TPS</i>	50
6.1.3 Mediciones <i>del sensor MAP</i>	51
6.1.4 Mediciones <i>del sensor MAF</i>	52
6.1.5 Mediciones <i>del sensor IAT</i>	54
6.1.6 Mediciones <i>del sensor APP</i>	56
6.1.7 Mediciones <i>del sensor CKP</i>	58
6.1.8 Mediciones <i>del sensor CMP</i>	58
6.1.9 Mediciones del sensor ECT.....	59
6.2 Definición de curva y función característica de los sensores.....	60
6.2.1 Caracterización <i>del sensor TPS</i>	60
6.2.2 Caracterización <i>del sensor MAP</i>	61
6.2.3 Caracterización <i>del sensor MAF</i>	62
6.2.4 Caracterización <i>del sensor IAT</i>	62
6.2.5 Caracterización <i>del sensor APP</i>	63
6.2.6 Caracterización <i>del sensor ECT</i>	64
7. Discusión	65
8. Conclusiones	66
9. Recomendaciones	67
10. Bibliografía	68

Índice de Tablas

Tabla 1 Medidas antropométricas del percentil 5 de trabajadores industriales en posición de pie, sexo femenino de 18 a 65 años.....	29
Tabla 2 Caracterización de materiales para la construcción del banco didáctico.....	32
Tabla 3 Datos del motor Century 1/6 HP.....	41
Tabla 4 Datos del motor Enduro HM100.....	44
Tabla 5 Valores de voltaje del sensor TPS respecto a la variación de apertura de la válvula de mariposa.....	50
Tabla 6 Valores de voltaje del sensor MAP respecto a la depresión generada.....	52
Tabla 7 Valores de voltaje del sensor MAF respecto a la variación del caudal de aire.....	53
Tabla 8 Valores de voltaje del sensor IAT respecto a los cambios de temperatura del aire.....	55
Tabla 9 Valores de voltaje del sensor APP respecto a la variación de posición del pedal de aceleración.....	57
Tabla 10 Valores de voltaje del sensor ECT respecto a los cambios de temperatura del refrigerante.....	59

Índice de Figuras

Figura 1	Los sistemas del automóvil y sus sensores	5
Figura 2	Sensor de posición y velocidad del motor de tipo inductivo	7
Figura 3	Detalle del volante del cigüeñal (60 dientes menos dos) y del sensor CKP	8
Figura 4	Señal del sensor de posición y velocidad del motor de tipo inductivo	8
Figura 5	Estructura y montaje del sensor CMP	9
Figura 6	Rueda generatriz.....	10
Figura 7	Señal del sensor CMP de tipo Hall	10
Figura 8	Ubicación del sensor de posición de mariposa.....	11
Figura 9	Estructura de interruptor de la mariposa.....	12
Figura 10	Señal del interruptor de la mariposa	12
Figura 11	Potenciómetro de la mariposa con una sola pista.....	13
Figura 12	Oscilograma del potenciómetro de simple pista	13
Figura 13	Potenciómetro de la mariposa con doble pista	14
Figura 14	Oscilograma del potenciómetro de doble pista	14
Figura 15	Conjunto de control del actuador del acelerador electrónico TAC	15
Figura 16	Transmisor de posición del acelerador de tipo potenciométrico.....	16
Figura 17	Sensor de ángulo Hall	16
Figura 18	Componentes del sensor APP tipo inductivo	17
Figura 19	Caudalímetro por hilo caliente	18
Figura 20	Sensor MAF de película caliente	19
Figura 21	Curva de respuesta de un sensor MAF	19
Figura 22	Conexiones externas y señal de un sensor de presión absoluta de tres cables ..	20
Figura 23	Deformación sufrida por la membrana de un sensor de presión absoluta en función de la carga.....	21
Figura 24	Estructura del sensor IAT	22
Figura 25	Señal del sensor IAT	22
Figura 26	Sensor de temperatura del motor	23
Figura 27	Curva característica del sensor ECT	24
Figura 28	Ubicación del sensor Knock	24
Figura 29	Señales representativas del sensor de picado	25
Figura 30	Matriz QFD del banco didáctico.....	26
Figura 31	Arco horizontal de alcance del brazo y área de trabajo sobre una mesa (mm) ...	27
Figura 32	Altura del plano de trabajo.....	28
Figura 33	Cotas antropométricas del percentil 5 femenino (18-65 años)	29
Figura 34	Representación gráfica del alcance máximo vertical	30
Figura 35	Modelado del banco didáctico y principales medidas	31
Figura 36	Análisis jerárquico multicriterio AHP	33
Figura 37	Inconsistencia total con respecto al objetivo.....	33

Figura 38 Disposición del espacio de trabajo para cada sensor	34
Figura 39 Adhesión del vinil al tablero del banco didáctico.....	35
Figura 40 Proceso de construcción del banco didáctico	35
Figura 41 Instalación del sensor Knock.....	36
Figura 42 Instalación del sensor TPS.....	37
Figura 43 Instalación del sensor MAP	37
Figura 44 Instalación del sensor MAF	38
Figura 45 Circuito de control de velocidad para motor AC.....	39
Figura 46 Divisor de voltaje para el sensor IAT	39
Figura 47 Instalación del sensor IAT	40
Figura 48 Instalación del sensor APP.....	41
Figura 49 Modelado de la rueda fónica 60-2	42
Figura 50 Manufactura de la rueda fónica en la fresadora CNC	42
Figura 51 Instalación del sensor CKP	43
Figura 52 Conexión eléctrica para la toma de señal del sensor CMP.....	43
Figura 53 Instalación del sensor CMP	44
Figura 54 Divisor de voltaje para el sensor ECT.....	45
Figura 55 Instalación del sensor ECT.....	45
Figura 56 Conexión eléctrica de la resistencia calefactora	46
Figura 57 Conexión eléctrica de los sensores a la fuente de 5 V	46
Figura 58 Conexión eléctrica del sensor MAF a la fuente de 12 V.....	47
Figura 59 Excitación del sensor KNOCK y toma de datos con un multímetro.....	49
Figura 60 Oscilograma del sensor KNOCK	49
Figura 61 Apertura de la mariposa de aceleración y toma de datos mediante un multímetro	50
Figura 62 Oscilograma del sensor TPS.....	51
Figura 63 Aplicación de depresión a la cámara del sensor MAP y toma de datos mediante un multímetro.....	51
Figura 64 Oscilograma del sensor MAP	52
Figura 65 Variación del caudal de aire que ingresará al sensor MAF y toma de datos mediante un multímetro	53
Figura 66 Oscilograma del sensor MAF	54
Figura 67 Toma de datos del sensor IAT a través de un multímetro.....	55
Figura 68 Oscilograma del sensor IAT	56
Figura 69 Modificación de la posición del pedal de aceleración y uso del multímetro para la toma de datos de cada pista resistiva del sensor APP.....	56
Figura 70 Toma de datos del sensor IAT a través de un multímetro.....	57
Figura 71 Oscilograma del sensor CKP.....	58
Figura 72 Oscilograma del sensor CMP	59
Figura 73 Oscilograma del sensor ECT.....	60

Figura 74 Función característica del sensor TPS	61
Figura 75 Función característica del sensor MAP	61
Figura 76 Función característica del sensor MAF.....	62
Figura 77 Función característica del sensor IAT.....	63
Figura 78 Función característica del sensor APP – Pista resistiva 1	63
Figura 79 Función característica del sensor APP – Pista resistiva 2	64
Figura 80 Función característica del sensor ECT.....	65

Índice de Anexos

Anexo 1: Manual de uso y mantenimiento del banco didáctico	69
Anexo 2: Guía Práctica 1	70
Anexo 3: Guía Práctica 2	76
Anexo 4: Guía Práctica 3	87
Anexo 5: Guía Práctica 4	97
Anexo 6: Guía Práctica 5	108
Anexo 7: Guía Práctica 6	117
Anexo 8: Guía Práctica 7	129
Anexo 9: Guía Práctica 8	135
Anexo 10: Guía Práctica 9	142
Anexo 11: Elementos diseñados e impresos para la adecuación del ventilador en el sensor MAF.....	151
Anexo 12: Código de programación de Arduino para medidores de temperatura.....	151
Anexo 13: Certificación de traducción del Abstract.	157

1. Título

Diseño y construcción de un banco didáctico para diagnóstico
y caracterización de sensores del automóvil

2. Resumen

El presente trabajo de titulación muestra el diseño, construcción y puesta en marcha de un banco didáctico para diagnóstico y caracterización de sensores del automóvil, mismo que beneficiara a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz en su formación profesional.

Para el diseño ergonómico del banco de pruebas se consideraron las medidas antropométricas regionales del percentil 5 femenino. Respecto a la elección del material de construcción, se recurrió al método de análisis jerárquico que dio como resultado la madera de melamina. En la instalación de los sensores se demandó de procesos de fabricación aditiva y uso de máquinas CNC. Además, con la finalidad de facilitar la lectura de las magnitudes físicas que ingresan a los sensores, se dotó al banco de instrumentos de medición, y captadores de temperatura comandados bajo la programación de una placa Arduino Uno.

Para caracterizar los sensores se empleó el software Matlab, en donde se obtuvieron los modelos matemáticos que rigen su comportamiento. El proceso de obtención de gráficas y datos de voltaje o resistencia, se muestra detalladamente en las guías prácticas académicas, las cuales cumplen con los indicadores de evaluación de carrera establecidos por el CES.

En cuanto a la elaboración del manual de uso se consideraron criterios de mantenimiento y seguridad con el propósito de alargar la vida útil del banco, y prevenir la generación de factores de riesgo y riesgos asociados.

Palabras claves: Banco didáctico, sensores del automóvil, Diagnóstico de sensores automotrices

2.1 Abstract

This thesis work shows the design, construction and implementation of a didactic bench for diagnostics and characterization of automotive sensors, which will benefit students of Automotive Engineering career in their professional training.

For the ergonomic design of the test bench, regional anthropometric female measurements of the 5th percentile were considered. With regard to the choice of construction material, the method of hierarchical analysis that resulted in melanin wood was used. The installation of the sensors involved additive manufacturing processes and the use of CNC machines. In addition, in order to facilitate the reading of the physical quantities that enter the sensors, the bank was equipped with measuring instruments, and temperature sensors commanded under the programming of an Arduino Uno card.

Matlab software was used to characterize the sensors, where the mathematical models were obtaining that govern their behavior were obtained. The process of obtaining graphs and voltage or resistance data is shown in detail in the academic practical guides, which comply with the career evaluation indicators established by the CES.

Maintenance and safety criteria were considered for the development of the user manual in order to extend the useful life of the bank and prevent the generation of risk factors and associated risks.

Key words: educational bench, automobile sensors, automotive sensor diagnostics.

3. Introducción

En la actualidad la industria automotriz ha implementado mejoras en los sistemas de diagnóstico a bordo (OBD), con lo que se pretende mitigar la contaminación, así como mejorar el confort durante la conducción; es por ello que se han ido adaptando paulatinamente sensores y actuadores que permiten monitorear las diferentes condiciones del automóvil y adoptar estrategias para el control de emisiones.

El presente trabajo recoge una serie de metodologías, procesos con lo cual se diseñara y construirá un banco didáctico de diagnóstico y caracterización de sensores automotrices que faciliten la comprensión sobre los principios físicos y eléctricos bajo los cuales funcionan los sensores de tipo piezoresistivo, piezoeléctrico, inductivo, efecto hall, termoresistivo, etc. Además contribuirá al desarrollo de habilidades técnicas como del razonamiento deductivo y lógico de los estudiantes, facilitando el desarrollo para la identificación y diagnóstico de fallas, así como la toma pertinente de soluciones.

El trabajo se efectuara en tres fases siguiendo el avance de los objetivos planteados; siendo así se inicia por la búsqueda información bibliográfica que sustente el avance tecnológico en cuanto a principios de funcionamiento, y diagnóstico de sensores automotrices. Posteriormente se pretende diseñar y modelar el banco en un software, previo a análisis estructurales, perfiles antropométricos, los cuales garanticen seguridad y ergonomía a los usuarios. Una vez que se ha definido el modelo final, se realizará su construcción, e instalación así como la comprobación de su funcionamiento lo que permitirá avalar su uso. Por último se ha creído conveniente implementar el manual de operación para su cuidado y mantenimiento.

4. Marco teórico

4.1 Sensores del automóvil

Son los dispositivos encargados de monitorear las condiciones de operación del vehículo, y de enviar su información a la Unidad de Control Electrónico (ECU) para que ésta ordene a los actuadores a operar sobre ciertos parámetros, de acuerdo a las condiciones cambiantes de funcionamiento del motor (Cisneros, 2015, p.5). Así, puede decirse que los sensores convierten las señales físicas (temperatura, presión absoluta del múltiple, movimientos mecánicos, etc.) en un voltaje eléctrico, mismo que es enviado a la computadora para ser procesado y contrastado con información grabada en sus memorias.

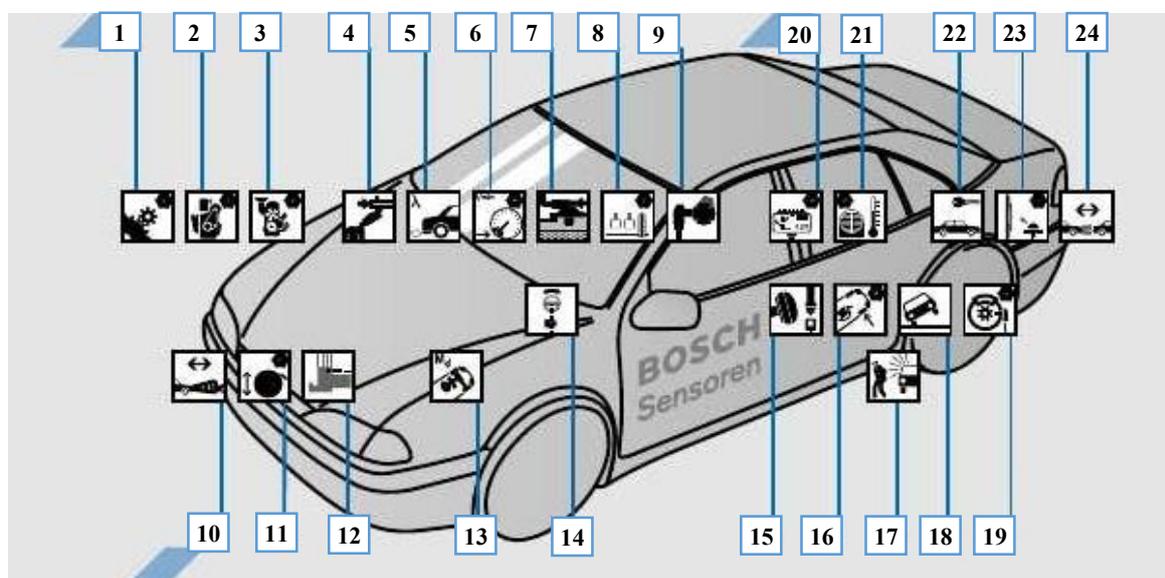
Particularmente, los sensores del automóvil son dispositivos que captan la posición, rotaciones, caudal, aceleración, temperatura, oxígeno y otras magnitudes fundamentales en el vehículo, y convierten esos fenómenos en señales eléctricas.

4.1.2 Clasificación de sensores

Los vehículos tienen un número significativo de sensores, tal como se expone en la Figura 1. Es difícil definir cuantos, ya que esto dependerá del modelo o marca, todos ellos necesarios para garantizar el funcionamiento del motor, la seguridad y comodidad.

Figura 1

Los sistemas del automóvil y sus sensores



Sensores del tren motriz	<p>12.- Sensor de alta presión (ESP)</p> <p>13.- Sensor de par (servodirección)</p> <p>14.- Sensor de ángulo de volante de dirección (ESP)</p> <p>15.- Sensor de aceleración (airbag) Sensor de ocupación de asiento (airbag) Sensor de magnitud de giro o viraje (ESP)</p> <p>16.- Sensor de aceleración transversal (ESP)</p> <p>17.- Sensor de inclinación</p> <p>18.- Sensor de vuelco</p> <p>19.- Sensor de velocidad de giro de ruedas (ESP)</p>
<p>1.- Sensor de presión (mando de cambio Motronic)</p> <p>2.- Sensor de presión de sobrealimentación (regulación electrónica Motronic)</p> <p>3.- Sensor de masa de aire (Motronic) Sensor de picado (Motronic) Sensor de presión ambiente</p> <p>4.- Sensor de alta presión (inyección directa de gasolina Common Rail)</p> <p>5.- Sonda Lambda</p> <p>6.- Sensor de velocidad de rotación (mando de cambio Motronic)</p> <p>7.- Sensor de presión del depósito (diagnosis de a bordo)</p> <p>8.- Transmisor de posición del pedal (acelerador electrónico, freno electrohidráulico)</p> <p>9.- Sensor de ángulo de posición de árbol de leva (Motronic)</p>	Sensores de confort
Sensores de Seguridad	<p>20.- Sensor de viraje (navegación)</p> <p>21.- Sensor de calidad de aire (climatización)</p> <p>22.- Sensor de presión (cierre centralizado)</p> <p>23.- Sensor de lluvia</p> <p>24.- Sensor telemétrico de aparcamiento</p>
*ESP: Control electrónico de estabilidad	

Nota: Obtenido de *Automotive Mechatronics* (p.144), por K. Reif, 2015, Springer Fachmedien Wiesbaden.

En el siguiente apartado, se exponen detalladamente los principales sensores del automóvil, mismos que serán utilizados en desarrollo y puesta en marcha del banco de pruebas.

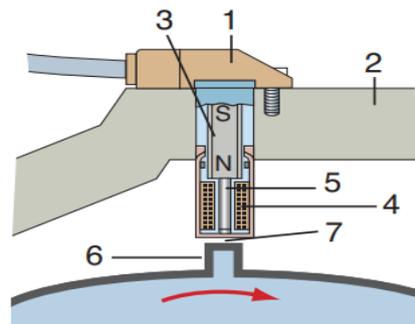
4.2 Principales sensores del automóvil

4.2.1 Sensor de posición del cigüeñal (CKP)

Su función es medir la velocidad del cigüeñal así como su posición. Es un sensor de tipo inductivo y basa su funcionamiento en provocar una variación de un campo magnético en el interior de una bobina para que esta provoque un voltaje inducido entre los bornes de la misma (Pardiñas, 2018, p.128). Mediante ayuda de este dispositivo el sistema de inyección de combustible sincroniza la operación de los inyectores de combustible y el sistema de encendido.

Figura 2

Sensor de posición y velocidad del motor de tipo inductivo

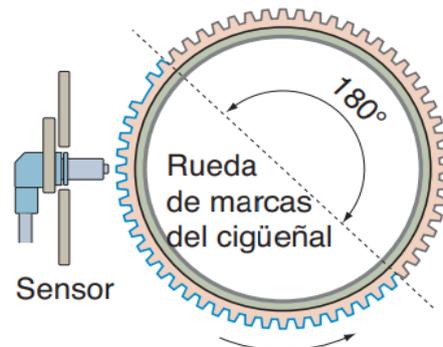


Nota: Obtenido de *Sistemas Auxiliares del Motor* (p, 128), por J. Pardiñas, 2018, Editex.

En la Figura 2 se puede ver que el sensor CKP (1) está atornillado al bloque de cilindros (2) situado en las proximidades de la corona dentada del volante de inercia del motor mostrado en la Figura 3. En su interior del sensor se encuentra un imán permanente (3) desde donde se conduce el campo magnético producido por él hasta el interior de la bobina (4) a través del núcleo (5). Frente al sensor se hacen pasar una o varias piezas (6) de materiales conductores del campo magnético, separadas por una distancia llamada entrehierro (7).

Figura 3

Detalle del volante del cigüeñal (60 dientes menos dos) y del sensor CKP

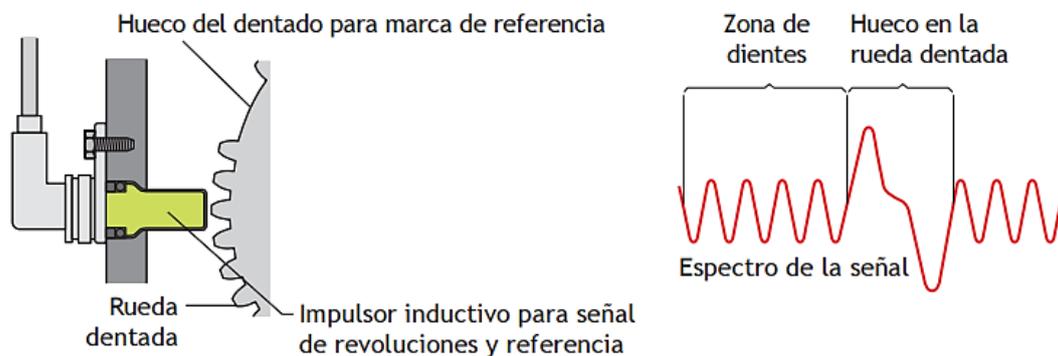


Nota: Obtenido de *Sistemas Auxiliares del Motor* (p, 129), por J. Pardiñas, 2018, Editex.

Al acercarse el metal al sensor, el campo magnético dentro de la bobina incrementa, lo cual acarrea una tensión positiva en la bobina, mientras que, si se separa, la tensión resultante es negativa. La señal que se genera se puede ver en la Figura 4, en este caso, el intervalo que transcurre entre el paso de dos dientes nos da la medida de la velocidad del cigüeñal, mientras que el primer paso por cero después de la falta de un diente nos marca la posición del cigüeñal (Sánchez, 2013, p.133).

Figura 4

Señal del sensor de posición y velocidad del motor de tipo inductivo



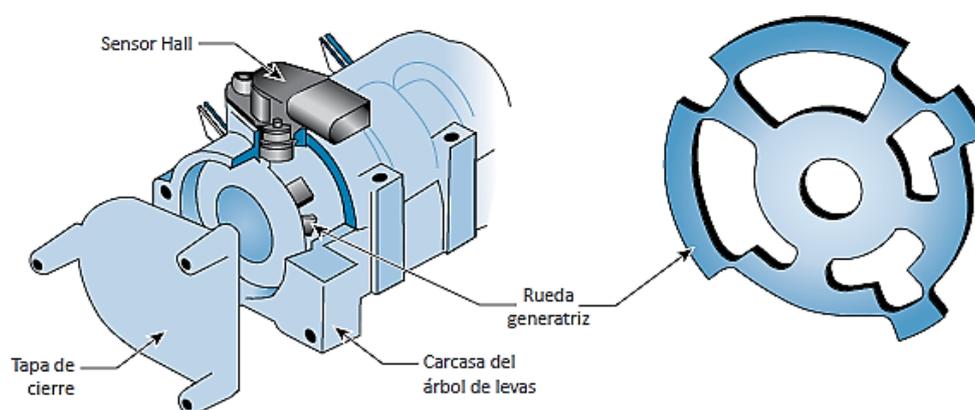
Nota: Obtenido de *Sistemas Auxiliares del Motor* (p, 133), por E. Sánchez, 2013, Macmillan.

4.2.2 Sensor de Posición del árbol de levas (CMP)

Se le nombra también sensor de fase, está colocado frente a un disco que va unido a la cabeza del árbol de levas como se muestra en la Figura 5, se encarga de proveer información a la unidad de control sobre si un pistón del motor que se mueve hacia el punto muerto superior (PMS) se encuentra en el tiempo de compresión o en el de escape (Sánchez, 2013, p.144). Estos sensores se requieren principalmente en la inyección de tipo secuencial, que siguiendo el orden de encendido, la UCE conoce la fase en la que se encuentran cada uno de los cilindros con el propósito de realizar la inyección y el encendido en el cilindro correspondiente.

Figura 5

Estructura y montaje del sensor CMP



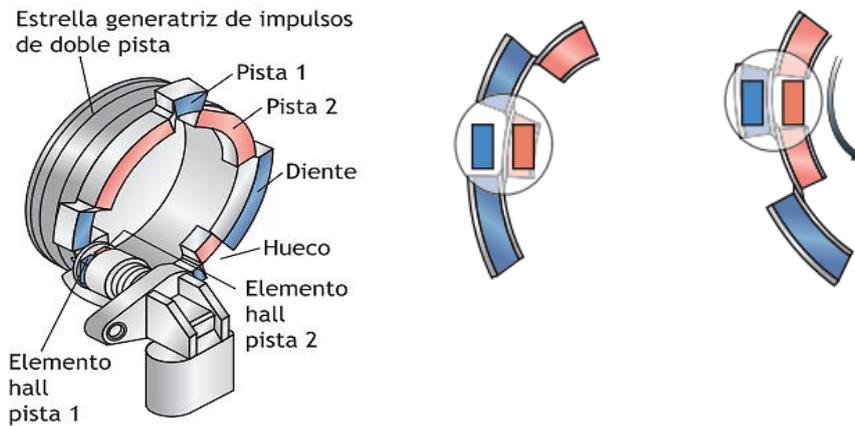
Nota: Obtenido de *Los sensores automotrices en la práctica* (p, 23), por I. Cisneros, 2015.

Cabe recalcar que en los sistemas que disponen rueda generatriz con un solo diente tiene la desventaja de que, durante el arranque, la UEC puede tardar hasta aproximadamente tres vueltas en detectar la fase del motor (Pardiñas, 2018, p.128). Por tal motivo existe una configuración basada en una rueda generatriz de impulsos para arranque rápido como se ve en la Figura 6, se trata de una rueda de doble pista contiguas y un sensor hall. La rueda está diseñada de forma que en el sitio en que una pista presenta un hueco, la otra posee un diente

y en base a ello la unidad de control compara la señal del sensor de fases con la señal de marcas de referencia, detectando así en qué tiempo del ciclo de trabajo está el motor.

Figura 6

Rueda generatriz

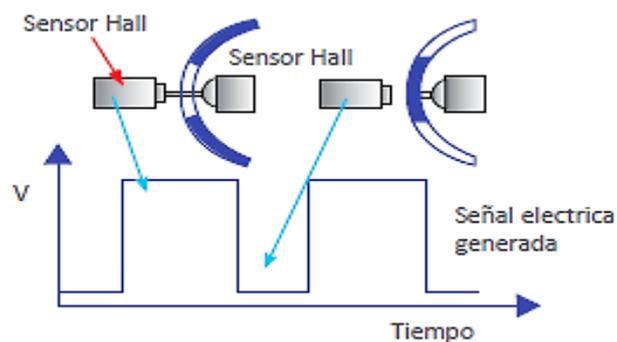


Nota: Obtenido de *Sistemas Auxiliares del Motor* (p, 144), por E. Sánchez, 2013, Macmillan.

Cisneros, (2015, p.12) menciona que “los sensores CMP al ser efecto Hall, se caracterizan por ser digitales; esto es, tienen dos niveles de voltaje: el nivel base o bajo (normalmente 0 volts) y el nivel alto (normalmente 5 volts)”, en la siguiente Figura 7, se puede ver la señal que se genera de acuerdo al principio de funcionamiento.

Figura 7

Señal del sensor CMP de tipo Hall



Nota: Obtenido de *Los sensores automotrices en la práctica* (p, 23), por I. Cisneros, 2015.

4.2.3 Sensor de posición del acelerador (TPS)

Este sensor se encarga de registrar la posición de la mariposa de aceleración ubicada en la garganta de ingreso de aire hacia el motor, enviando la información hacia la unidad de control para el reconocimiento de las posiciones de pie levantado, pie a fondo y transitorios, para las estrategias de aceleración, deceleración y corte de inyección (Chávez Carrillo, 2014).

Dependiendo del sistema de inyección, existen diferentes sensores, principalmente, dos tipos: interruptor de la mariposa y potenciómetro de la mariposa.

El interruptor de la mariposa está unido al eje de la misma en uno de sus extremos como se visualiza en Figura 8, tiene la función de informar a la unidad de control (ECU) de la situación de ralentí o de plena carga.

Figura 8

Ubicación del sensor de posición de mariposa

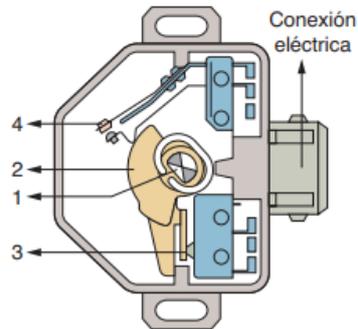


Nota: Obtenido de Sistemas Auxiliares del Motor (p, 135), por M.Á. Pérez, 2011, Paraninfo.

La estructura interna del sensor TPS con interruptor se observa en la Figura 9, el giro de la mariposa obliga, a través de su eje (1), a que la leva de mando (2) abra el contacto de ralentí (3), ya que en posición de ralentí este contacto está cerrado para informar, en forma de tensión, a la unidad de control el estado. En cambio en aceleración total, la leva de mando cierra el contacto de plena carga (4), por lo que la unidad de control recibe ahora información de carga completa. En la Figura 10 se puede observar la señal característica generada por este sensor.

Figura 9

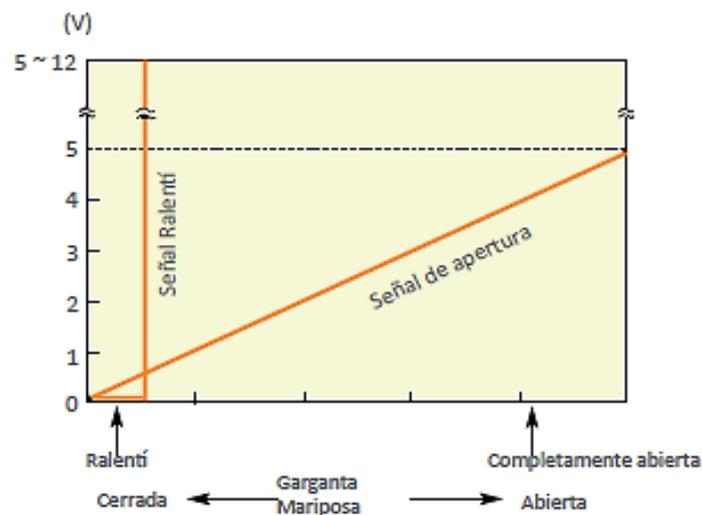
Estructura de interruptor de la mariposa



Nota: Obtenido de *Sistemas Auxiliares del Motor* (p, 106), por J. Pardiñas, 2018, Editex.

Figura 10

Señal del interruptor de la mariposa



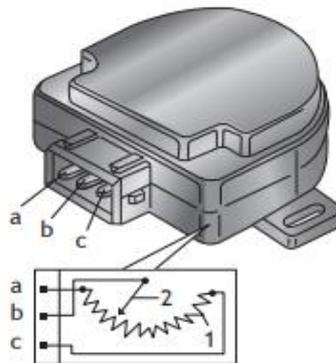
Nota: Obtenido de *Los sensores automotrices en la práctica* (p, 23), por I. Cisneros, 2015.

El potenciómetro de la mariposa en cambio es un sensor de posición continua, constituido por una resistencia variable lineal, que proporciona una señal eléctrica en cada posición de la mariposa, desde el cierre hasta su máxima apertura (Rodríguez, 2012, p. 216).

En la Figura 11 se muestra el tipo tipos de potenciómetro de una sola pista (1) cuya parte móvil (2) es dirigida directamente por el eje de la válvula de mariposa.

Figura 11

Potenciómetro de la mariposa con una sola pista

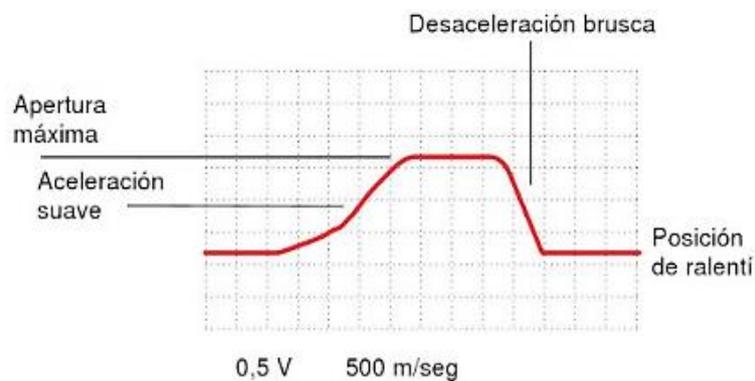


Nota: Obtenido de *Sistemas Auxiliares del Motor* (p, 144), por E. Sánchez, 2013, Macmillan.

La centralita de mando alimenta, durante el funcionamiento, al potenciómetro con una tensión de 5 V en los contactos a y c. Sobre el contacto b se recoge una tensión variable que es proporcional a la posición de apertura de la válvula de mariposa, cuya información la centralita reconoce y corrige oportunamente el porcentaje de la mezcla, para obtener una mejor comprensión del funcionamiento se muestra la señal que genera este tipo de potenciómetro en la Figura 12.

Figura 12

Oscilograma del potenciómetro de simple pista

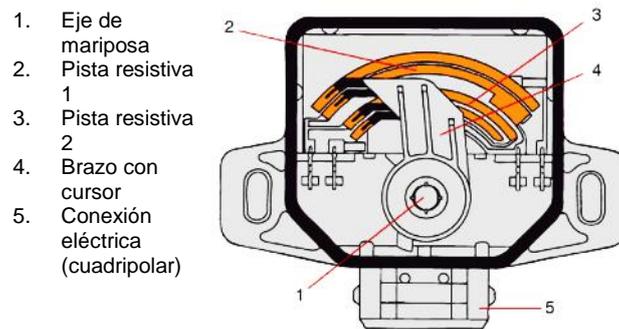


Nota: Obtenido de *Sistemas Auxiliares del Motor* (p, 135), por M.Á. Pérez, 2011, Paraninfo.

El otro tipo de potenciómetros que se puede encontrar es de doble pista, el cual se encarga de informar a la unidad de la posición de la mariposa, mismo que se representa en la Figura 13.

Figura 13

Potenciómetro de la mariposa con doble pista

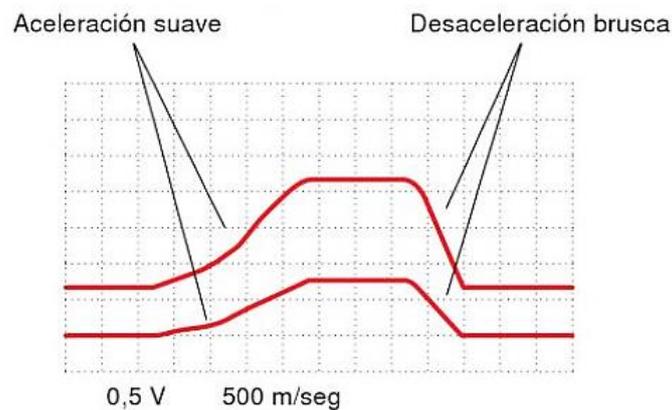


Nota: Obtenido de *Sistemas Auxiliares del Motor* (p, 136), por M.Á. Pérez, 2011, Paraninfo.

La señal característica generada por el sensor TPS anteriormente visto, se muestra la Figura 14, en donde la unidad requiere esta señal como retroinformación para el control del actuador de mariposa para los cálculos de inyección y encendido.

Figura 14

Oscilograma del potenciómetro de doble pista



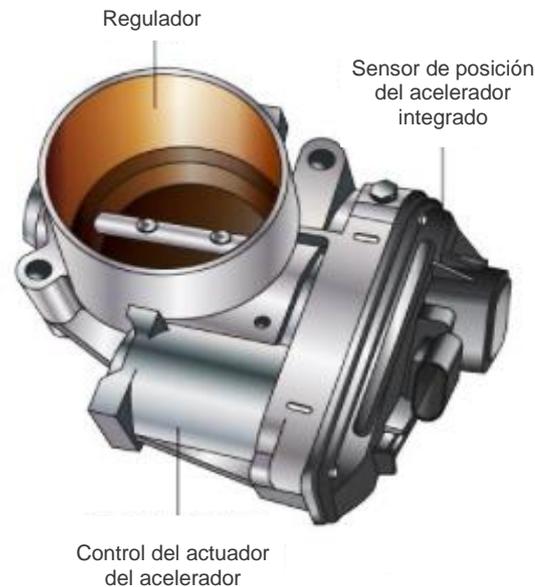
Nota: Obtenido de *Sistemas Auxiliares del Motor* (p, 135), por M.Á. Pérez, 2011, Paraninfo.

Es importante señalar que en algunos vehículos que montan acelerador electrónico como se visualiza en la Figura 15 conlleva la instalación de una mariposa motorizada o

electrónica, y se utiliza dos potenciómetros para mayor seguridad, ya que un problema en su medición podría provocar una regulación de par equivocada.

Figura 15

Conjunto de control del actuador del acelerador electrónico TAC



Nota: Obtenido de *Advanced Engine Performance* (p.138), por M. Schnubel, 2020, Cengage.

4.2.4 Sensor de posición del pedal del acelerador (APP)

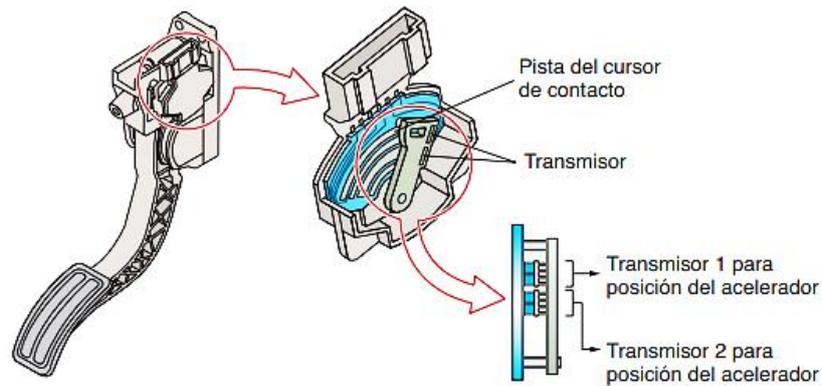
Se utiliza en los vehículos de acelerador electrónico con caja de mariposa motorizada, mediante este sistema se suprime todo el sistema de unión mecánica. Los sensores pueden ser de tres tipos: potenciométricos, de ángulo Hall e inductivos:

Los de tipo potenciométricos utilizan dos potenciómetros integrados en un único conjunto situado encima del pedal del acelerador como se observa en la Figura 16. Los dos reciben energía de 5V de manera independiente. La tensión de salida del primer potenciómetro varía de 0 a 5 V, dependiendo de la posición del pedal del acelerador, mientras que el segundo trabaja con la mitad de tensión para que la centralita pueda efectuar su chequeo constante (Pérez, 2011, p. 137). La variación de resistencia de los potenciómetros es lineal respecto al movimiento del pedal del acelerador, existiendo una diferencia de

resistencia fija entre las dos señales, esta información es utilizada con la finalidad de conocer los deseos del conductor.

Figura 16

Transmisor de posición del acelerador de tipo potenciométrico

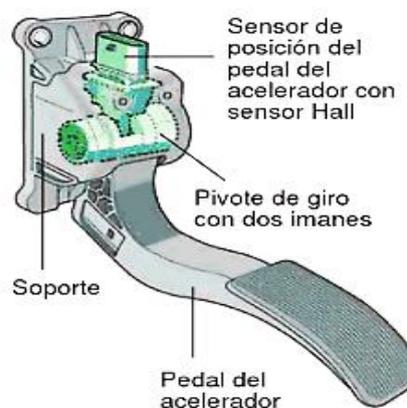


Nota: Obtenido de *Sistemas Auxiliares del Motor* (p, 158), por J. Pardiñas, 2018, Editex

Los sensores de posición del pedal del acelerador efecto Hall tienen una característica especial y es que la señal que emite no es cuadrada, sino que es de característica variable y lineal. Dispone para ello de un rotor con magnetismo permanente, el cual en función de la posición transmite más o menos magnetismo al sensor Hall. De esta manera se produce una tensión Hall variable como se muestra en la Figura 17.

Figura 17

Sensor de ángulo Hall

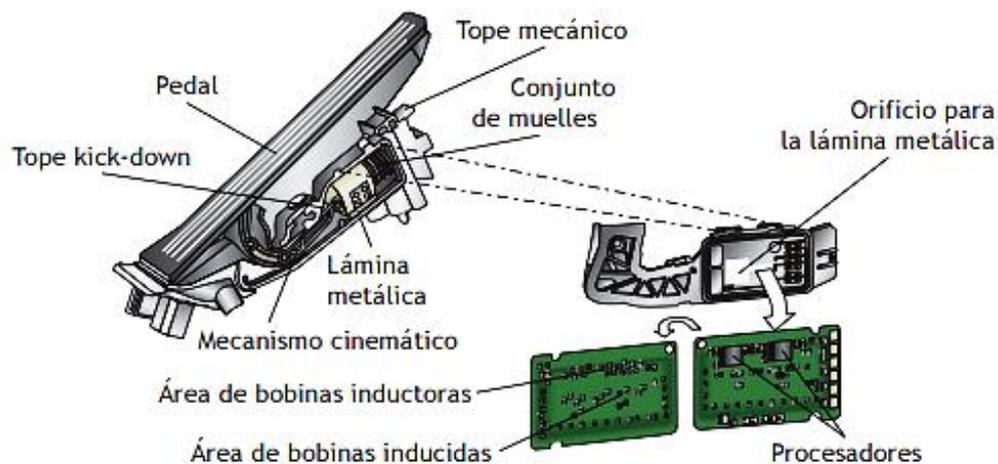


Nota: Obtenido de *Sistemas Auxiliares del Motor* (p, 138), por M.Á. Pérez, 2011, Paraninfo.

También podemos encontrar algunos modelos con potenciómetros de tipo inductivo. En este caso, el potenciómetro está formado por dos sensores que funcionan de forma independiente y de una lámina metálica que es desplazada linealmente por el mecanismo cinemático del pedal. Cada sensor está formado por una bobina inductora y tres inducidas como se indica en la Figura 18. Por la inductora circula una corriente alterna que genera un campo magnético que atraviesa las bobinas inducidas (Sánchez, 2013, p.146). En la zona donde está la lámina metálica, el campo magnético aumenta. De tal manera que se induce mayor o menor corriente en cada captador, transformándose después en una señal legible para la centralita. Las señales de salida son analógicas, con valores comprendidos entre 0 y 5 V.

Figura 18

Componentes del sensor APP tipo inductivo



Nota: Obtenido de Sistemas Auxiliares del Motor (p, 144), por E. Sánchez, 2013, Macmillan.

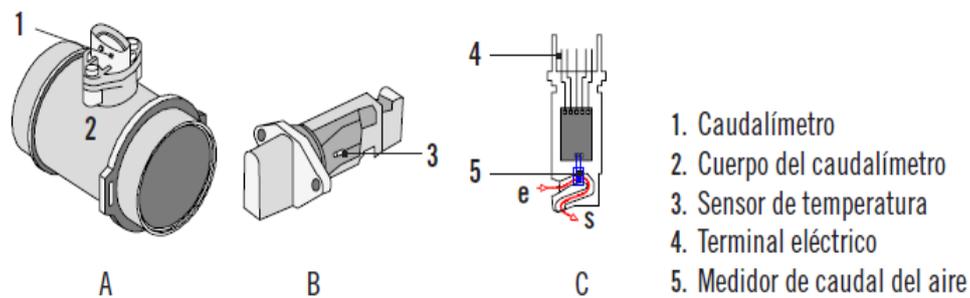
4.2.5 Sensor de flujo másico de aire (MAF)

Este sensor está localizado entre el filtro del aire y de la mariposa del acelerador o cuerpo de aceleración, su misión radica en medir la cantidad de aire que ingresa al motor para así poder saber la ECU la cantidad de combustible a dosificar por los inyectores (Medina, 2018, p.55). Existen dos tipos de sensores los de hilo caliente y película caliente.

El caudalímetro de masa de aire expuesto en la Figura 19, funciona mediante el calentamiento de un hilo o lámina al que se le hace circular una corriente eléctrica mediante el hilo para mantenerla a una diferencia de temperatura constante respecto a la temperatura del aire que circula por él. De esta forma, al ser la transferencia de calor del hilo al aire proporcional a la diferencia de caudal del aire que pasa por él, se puede medir la masa de aire. La temperatura de la lámina suele mantenerse a unos 70 °C (Sánchez, 2013.p, 126).

Figura 19

Caudalímetro por hilo caliente



Nota: Obtenido de Mantenimiento de Sistemas Auxiliares del Motor (p, 212), por J.C. Rodríguez, 2012, INNOVA.

El aire que circula por el hilo de platino también transporta partículas que distorsionan la medida, es por ello que se, el módulo electrónico incluye un programa de autolimpieza que pone el hilo incandescente durante 1.5 segundos, tras parar el motor, descomponiendo las partículas sólidas adheridas. Para evitar que el programa de autolimpieza se active cada vez que arranca o se detiene el motor, debe existir la condición de que haya funcionado más de 1500 rpm y que la temperatura del líquido refrigerante sea superior a 60° C (González, 2015.p, 241).

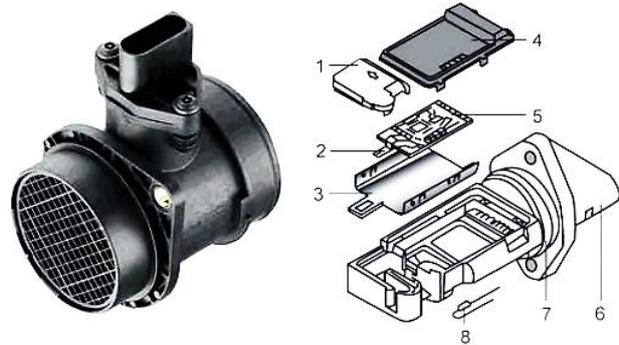
Una evolución del sistema de hilo caliente es el caudalímetro denominado de película caliente que se puede ver en la Figura 20, este sensor mantiene el principio de funcionamiento del de tipo hilo caliente. Varían los componentes físicos del sistema y sus ventajas radican

en una mejor integración y miniaturización de los circuitos híbridos, menos posibilidad de ensuciarse, entre otras.

Figura 20

Sensor MAF de película caliente

1. Cubierta del laberinto de medición
2. Sondas térmicas y calefactor.
3. Placa de montaje.
4. Cubierta del circuito.
5. Circuito.
6. Conexión eléctrica.
7. Junta tórica.
8. Sensor de temperatura auxiliar



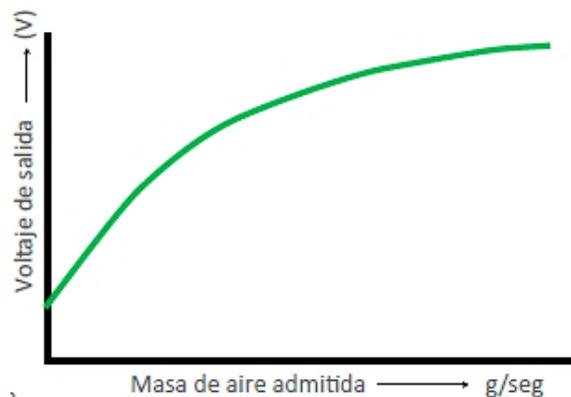
Nota: Obtenido de Motores térmicos y sus sistemas auxiliares (p, 392), por D. González, 2015, Paraninfo.

La medición se realiza mediante una superficie calefactada (película caliente) alimentada con 12 V estabilizados, y una segunda resistencia variable a la cual le afecta el calor que desprende esta película caliente (Sánchez, 2013, p.128).

La señal de funcionamiento que generan los sensores medidores del flujo másico de aire se muestra a continuación en la Figura 21.

Figura 21

Curva de respuesta de un sensor MAF



Nota: Obtenido de *Los sensores automotrices en la práctica* (p, 30), por I. Cisneros, 2015.

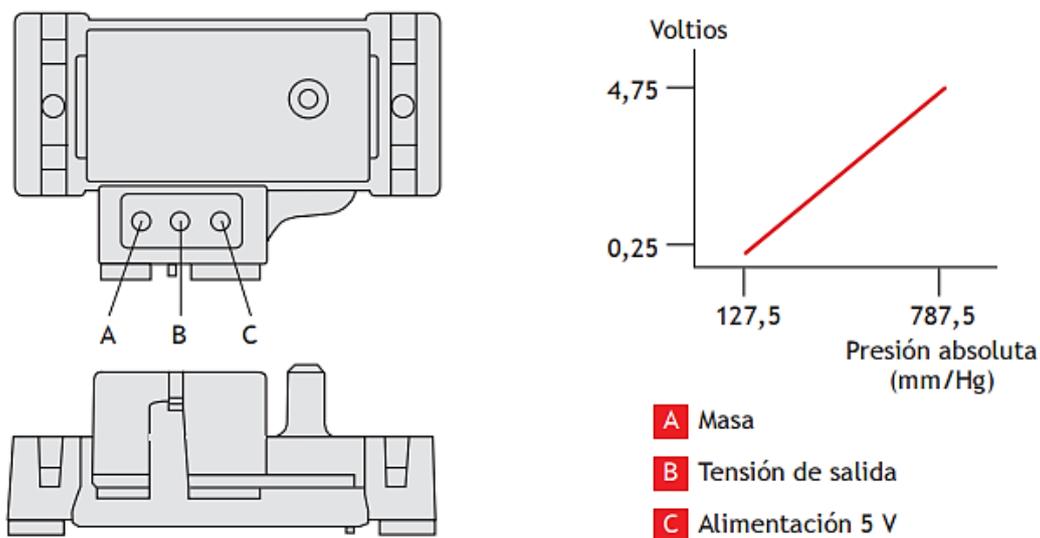
4.2.6 Sensor de presión absoluta del múltiple (MAP)

Se usa para determinar la presión de vacío del múltiple de admisión que existe en la línea descendente de la válvula de mariposa, para luego convertir dicha magnitud física de presión en una determinada señal hacia la UCE (Basshuysen & Schäfer, 2016) Así, la UCE conoce en todo momento el llenado de aire en el motor y emplea esta señal para calcular la cantidad de combustible que requiere el motor para su correcto funcionamiento.

Por lo general este tipo de sensores MAP son de tipo piezorresistivo, están formados por unos cristales de silicio colocados sobre una lámina que por un lado está sometida a la presión del colector de admisión y por el otro a una cámara sobre la que hay una presión que ha sido fijada en fábrica (vacío de referencia). El puente de medida o circuito evaluador del sensor MAP consiste en un puente de Wheatstone, por tanto la lámina se deforma por efecto de la presión que existe en el colector de admisión, lo cual hace variar la forma de los cristales y, como consecuencia, su resistencia. Mediante el puente resulta una tensión de medición más exacta que al evaluarse solamente una resistencia individual (Sánchez, 2013, p.142).

Figura 22

Conexiones externas y señal de un sensor de presión absoluta de tres cables



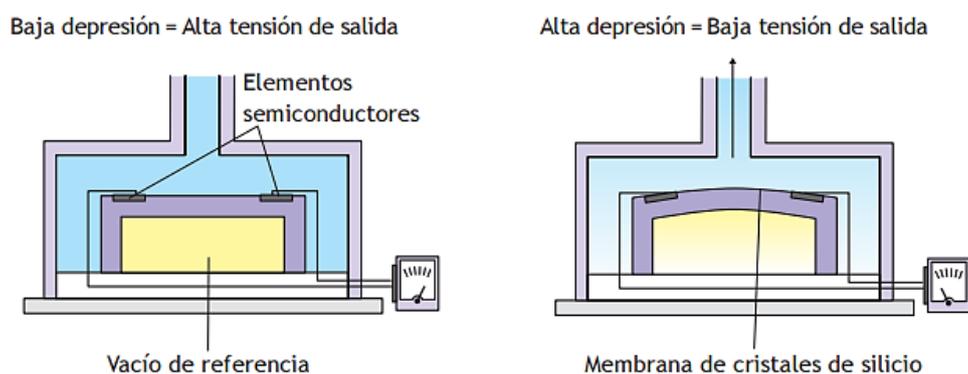
Nota: Obtenido de Sistemas Auxiliares del Motor (p, 144), por E. Sánchez, 2013, Macmillan.

En la Figura 22 se visualiza que este sensor recibe alimentación de 5V por el calculador y envía, en retorno, una tensión proporcional a la presión medida. Esta información transmitida al calculador permite adaptar el caudal inyectado a los diferentes estados de carga del motor y a las diferencias de altura, generándose la señal correspondiente para la interpretación de la centralita.

Las resistencias de la membrana son de tipo extensiométrico, cuya resistencia eléctrica varía ante cualquier deformación de la membrana. El vacío de referencia se utiliza para la comparación de presiones. La membrana se deforma según la intensidad de la presión en el colector de admisión, como se observa en la Figura 23 con lo cual varía la resistencia y se produce una tensión variable de las señales. Con ayuda de esta tensión de las señales, la unidad de control del motor detecta la presión que está dada en el colector de admisión.

Figura 23

Deformación sufrida por la membrana de un sensor de presión absoluta en función de la carga.



Nota: Obtenido de Sistemas Auxiliares del Motor (p, 144), por E. Sánchez, 2013, Macmillan.

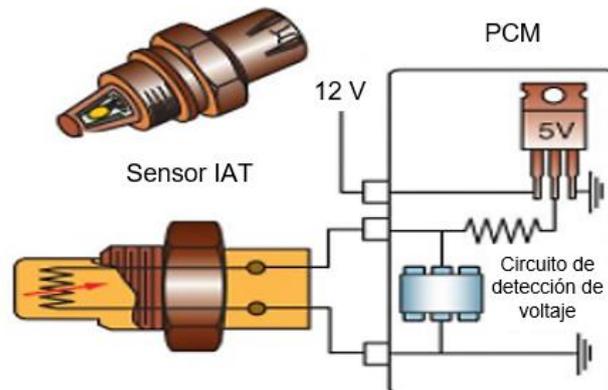
4.2.7 Sensor de temperatura de aire de entrada (IAT)

El sensor de temperatura del aire de admisión mostrado en la figura 24 permite a la computadora corregir el tiempo de inyección con base en la densidad del aire que entra a las cámaras de combustión. Tiene un rango de medición de -40°C a 120°C (Reif, 2015.p,263).

Dependiendo de la temperatura del aire será la cantidad de oxígeno que entra y la computadora tiene que regular la cantidad de gasolina para corregir el punto estequiométrico.

Figura 24

Estructura del sensor IAT

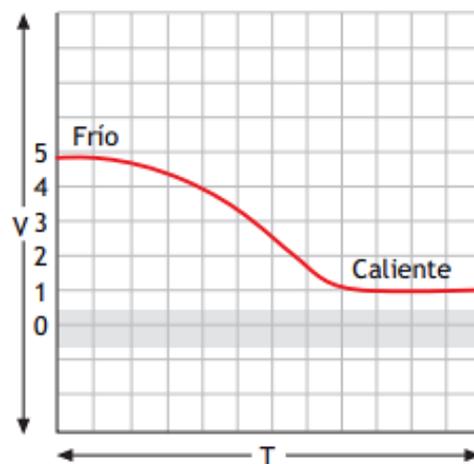


Nota: Obtenido de *Advanced Engine Performance* (p.137), por M. Schnubel, 2020, Cengage.

En el interior del sensor existe una resistencia termosensible de material semiconductor del coeficiente de temperatura negativo (NTC) es decir que su resistencia disminuye a medida que la temperatura sube, la señal se puede visualizar en la Figura 25.

Figura 25

Señal del sensor IAT



Nota: Obtenido de *Sistemas Auxiliares del Motor* (p, 144), por E. Sánchez, 2013, Macmillan.

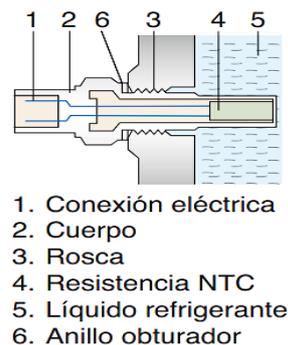
Esta resistencia variable forma parte de un circuito divisor de tensión alimentado con 5 voltios, así la señal de voltaje dependerá de la variación de la resistencia del sensor. Esta señal de voltaje es leída por un convertidor analógico-digital y comparado con los valores de la curva característica almacenada en el módulo de control, asignando así la ECU cada valor de voltaje a una temperatura determinada(Laica, 2012,p.25).

4.2.8 Sensor de temperatura refrigerante (ECT)

Este sensor indicado en la Figura 26, consta de un elemento roscado hueco, en cuyo interior contiene una resistencia NTC que, en función del valor que va adquiriendo debido a la temperatura del líquido, responde a los cambios en la temperatura del motor mediante la medición de la temperatura del refrigerante.

Figura 26

Sensor de temperatura del motor

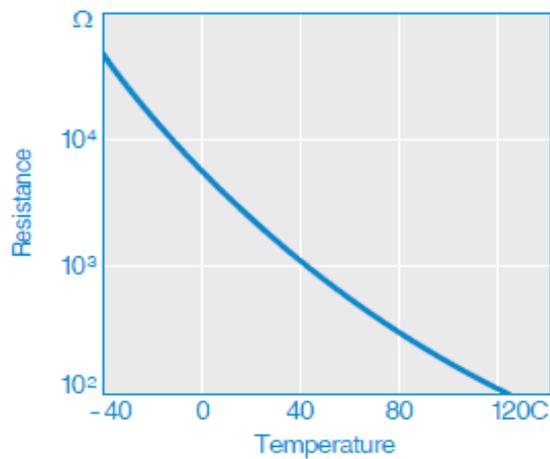


Nota: Obtenido de *Sistemas Auxiliares del Motor* (p, 106), por J. Pardiñas, 2018, Editex.

En la Figura 27 se puede observar que, a medida que el sensor se calienta, la resistencia disminuye y disminuye la tensión de la señal (Pérez Bello, 2011). La gestión del motor utiliza su señal para calcular la temperatura del motor, posee un rango de medición de -40°C a 130°C (Reif, 2015, p.263). La señal que envía el sensor de temperatura del motor a la UCE se utiliza para calcular el tiempo de inyección, regular el actuador de ralentí, puesta en marcha de los electroventiladores de refrigeración del motor, para parar el compresor del aire acondicionado si la temperatura del motor es muy elevada, etc. (Rodríguez,2012,p.219).

Figura 27

Curva característica del sensor ECT



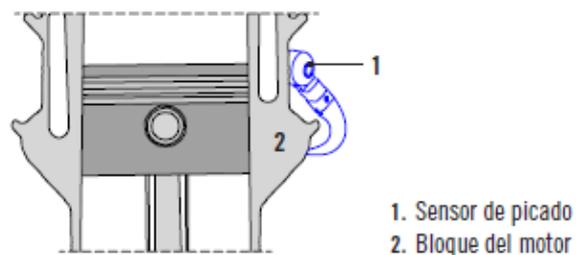
Nota: Obtenido de *Automotive Mechatronics* (p.263), por K. Reif, 2015, Springer Fachmedien Wiesbaden.

4.2.9 Sensor de picado (KNOCK)

Este dispositivo de tipo piezoeléctrico, también conocido como sensor de detonación, va acoplado al bloque motor en la parte externa de uno de los cilindros, tal como se expone en la Figura 28.

Figura 28

Ubicación del sensor Knock



Nota: Obtenido de *Mantenimiento de Sistemas Auxiliares del Motor* (p, 212), por J.C. Rodríguez, 2012, INNOVA.

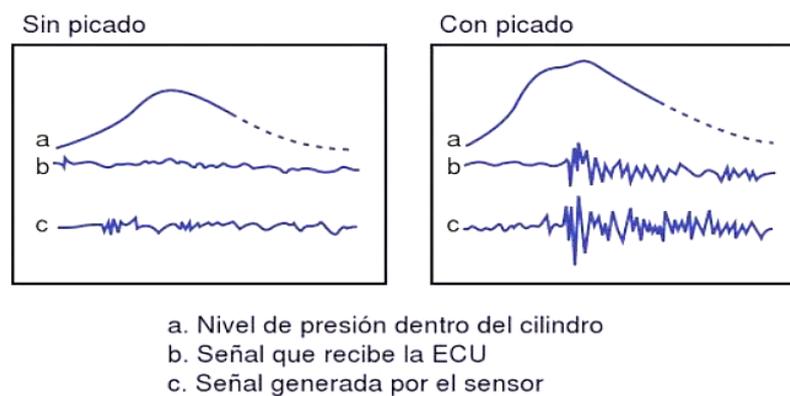
Este sensor es capaz de informar que se ha producido una detonación en el interior del cilindro del motor mediante una señal de tensión a la UCE. La UCE en caso de detonación

retrasa el avance del encendido en 3° , si aun así no se consigue corregirlo se vuelve a retrasar otros 3° y así sucesivamente hasta lograr un perfecto funcionamiento. También, para corregir el picado en algunos sistemas se suele aumentar la cantidad de combustible justo antes de la detonación (Rodríguez, 2012, p.227).

Las vibraciones generadas por el funcionamiento del motor, especialmente en lo que respecta al desarrollo de las combustiones, hacen que este sensor emita una señal característica mostrada en la Figura 29, misma que se ve alterada por las sacudidas que produce la detonación.

Figura 29

Señales representativas del sensor de picado



Nota: Obtenido de *Sistemas eléctricos y de seguridad y confortabilidad* (p, 211), por J.A. Ros y Ó. Barrera, 2011, Paraninfo.

5. Metodología

5.1 Diseño del banco didáctico

Para el diseño del banco, primeramente se hizo uso del despliegue de la función de calidad (Quality Function Deployment-QFD), para determinar las características técnicas y operativas que debe cumplir acorde a necesidades y expectativas de los usuarios. Posterior a ello se realiza un análisis ergonómico que permita establecer las dimensiones óptimas para facilitar la ejecución de las prácticas académicas. Finalmente se recurrió al uso de un proceso

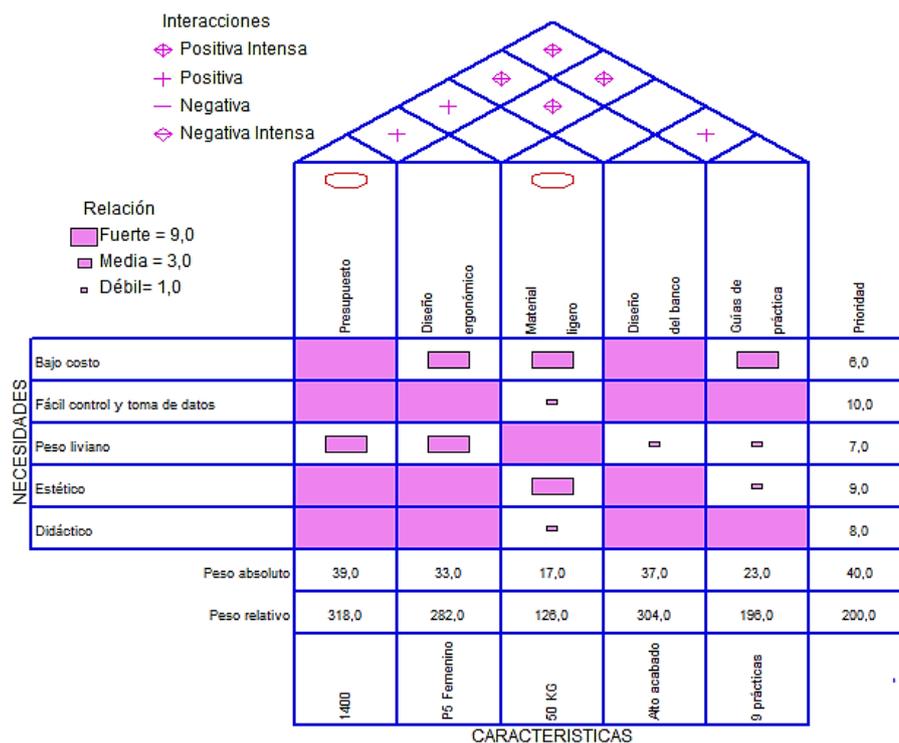
de análisis jerárquico (Analytic Hierarchy Process-AHP), que permita identificar el material y proceso de fabricación más adecuado.

5.1.1 Matriz QFD

El Despliegue de la Función de Calidad (Quality Function Deployment- QFD) es un proceso a partir del cual las necesidades y expectativas del cliente se transforman en características de calidad, es decir, convierte los requisitos del cliente en especificaciones técnicas para el diseño y elaboración del producto o servicio, de tal manera que se produce un aseguramiento de la calidad desde la propia concepción del producto o servicio, en lugar de aplicar medidas correctivas a posteriori.

Figura 30

Matriz QFD del banco didáctico



Para el análisis QFD se hizo uso del programa Statgraphics 19, en donde las necesidades colocadas en las filas de matriz se derivaron de la experiencia como estudiante, asimismo, de los criterios compartidos en el aula de aprendizaje.

Los requerimientos de diseño que conforman las columnas, fueron establecidos considerando características técnicas que pueden satisfacer las exigencias de los usuarios,

tal como se muestra en la Figura 30. Una vez realizado el análisis se logró establecer el orden jerárquico de las características solicitadas, y el grado de importancia para el diseño del banco didáctico. Por tal motivo el principal aspecto a tomar en cuenta es el presupuesto, y en base a ello se derivan los otros requerimientos de diseño estético y ergonómico.

5.1.2 Criterios Ergonómicos

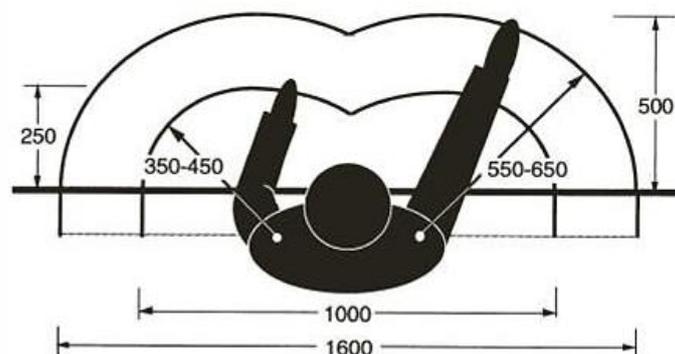
Con el propósito de obtener un lugar de trabajo adecuado que se adapte a la mayoría de población económicamente activa, se hace uso del hombre estadístico, para ello se consideró una población latinoamericana con una edad entre 18-65 años. Para establecer el alcance máximo se utilizó el percentil cinco femenino (P5) siendo este una referencia de la población más pequeña demográficamente, esto permitirá que el 90% de los usuarios puedan hacer uso del banco sin problema alguno.

5.1.2.1 Medida horizontal y profundidad del espacio de trabajo

Para definir la medida de la superficie horizontal de trabajo se consideró la Norma Técnica Preventiva 242, misma que especifica las distancias óptimas para que el usuario consiga un confort postural adecuado, tal como se visualiza en la Figura 31.

Figura 31

Arco horizontal de alcance del brazo y área de trabajo sobre una mesa (mm)



Nota: Obtenido de *Ergonomía* (p, 65), por Bestratén et al., 2008, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

La medida horizontal que se determinó para el banco es de 1200 mm, de acuerdo al rango de 1000 a 1600 mm que se aprecia en la figura anterior. De igual manera la profundidad

se encuentra entre 350-450 mm, por lo que se seleccionó un valor de 420 mm, tomando en cuenta que dentro de este espacio se van ubicar varios instrumentos de medida para el análisis de los sensores; estas cotas se estimaron debido a que se encuentran en la zona óptima de trabajo.

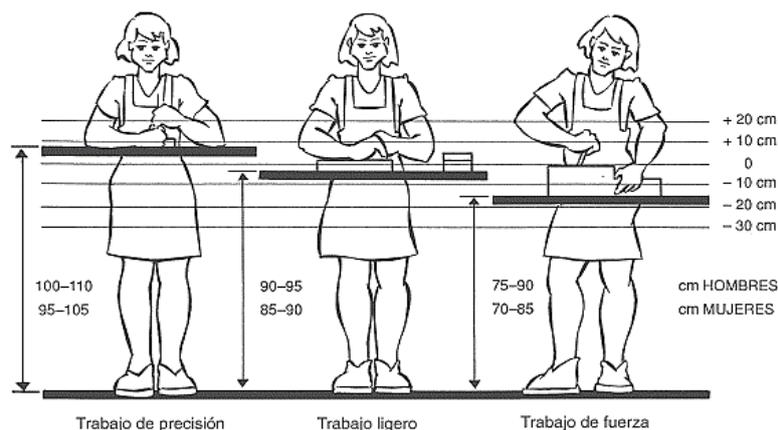
5.1.2.2 Altura del plano de trabajo

La posición más adecuada para que el usuario pueda manipular los sensores es manteniéndose de pie, considerando que el tiempo requerido para realizar cada práctica académica en el banco didáctico es limitado. Uno de los criterios para establecer la altura de la mesa de trabajo acorde a la Nota Técnica Preventiva 242, se define a partir de la altura del codo y la altura óptima es un poco más abajo del codo, dependiendo del tipo de trabajo que se vaya a realizar.

El trabajo que se va a llevar a cabo consiste en monitorear el estado de cada sensor, haciendo uso de instrumentos de medida como: osciloscopio y multímetro. Al tratarse de un trabajo ligero se estimó 85 cm de altura para el dimensionamiento de la mesa de trabajo, tal como refiere la Figura 32.

Figura 32

Altura del plano de trabajo



Nota: Obtenido de *Ergonomía* (p, 67), por Bestratén et al., 2008, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

5.1.2.3 Medida vertical de la zona de trabajo

Para definir la dimensión máxima de altura en la zona de trabajo, se recurrió a las medidas antropométricas del percentil 5 de trabajadores industriales en posición de pie, sexo femenino de 18 a 65 años. Para ello fue necesario realizar un cálculo en función de la altura del hombro y del alcance del brazo frontal, estos valores se muestran en la Tabla 1, representando a las cotas 6 y 18 de la Figura 33.

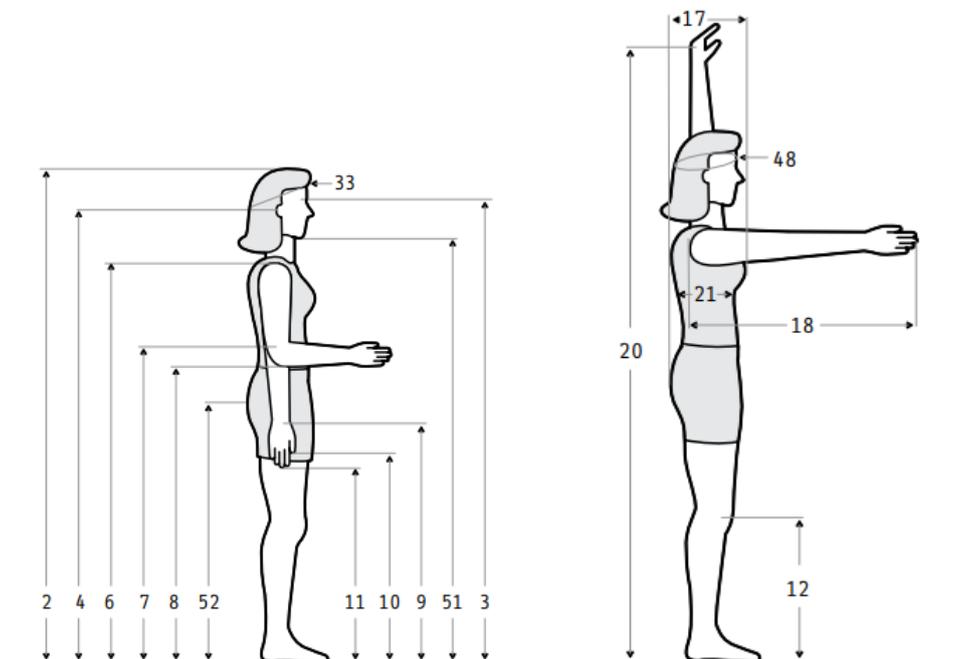
Tabla 1

Medidas antropométricas del percentil 5 de trabajadores industriales en posición de pie, sexo femenino de 18 a 65 años

DIMENSIONES	18 – 65 años		
	Percentiles		
	5	50	95
6 Altura del hombro	1209	1290	1380
18 Alcance del brazo frontal	631	684	741

Figura 33

Cotas antropométricas del percentil 5 femenino (18-65 años)

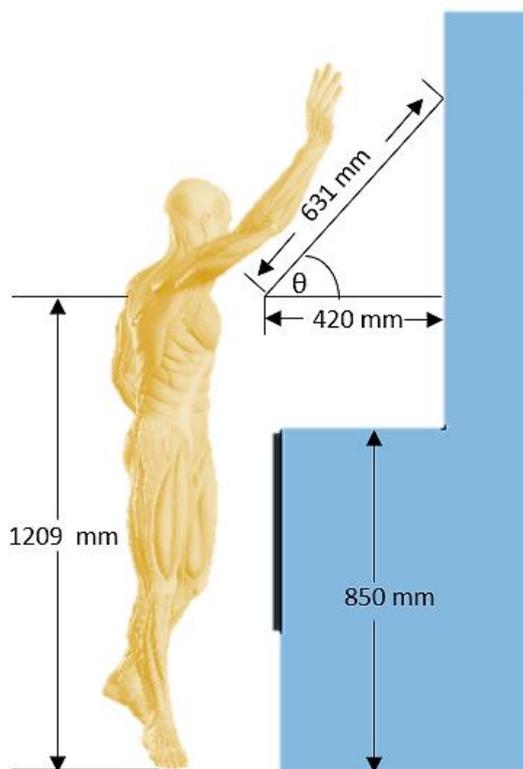


Nota: *Obtenido de Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. (p, 95), por Ávila, R. Prado, L., y González, E, 2007, Universidad de Guadalajara.*

Previo al cálculo del alcance máximo vertical fue importante determinar el ángulo de inclinación que tiene el brazo cuando se manipula los sensores, tal como se indica en la Figura 34. El procedimiento se muestra a partir de la ecuación 1, para lo cual se hace uso del teorema de Pitágoras.

Figura 34

Representación gráfica del alcance máximo vertical



$$\cos \theta = \frac{\text{Cateto Opuesto}}{\text{Hipotenusa}} \quad \text{ec.(1)}$$

$$\cos \theta = \frac{420 \text{ mm}}{631 \text{ mm}}$$

$$\cos \theta = 0.665$$

$$\theta = \cos^{-1} 0.665$$

$$\theta = 48.27^\circ$$

Una vez calculado del ángulo θ , se toma en cuenta los datos de la Tabla 1 para determinar el valor del alcance máximo vertical, usando la ecuación 2. El resultado del cálculo corresponde al valor de 1679 mm, por lo tanto, la medida que se tomó en cuenta para el diseño es de 1670 mm.

$$\text{Alcance maximo vertical} \quad \text{ec.(2)}$$

$$= \text{Altura del hombro} + \text{Altura del brazo extendido a } 48.27^\circ$$

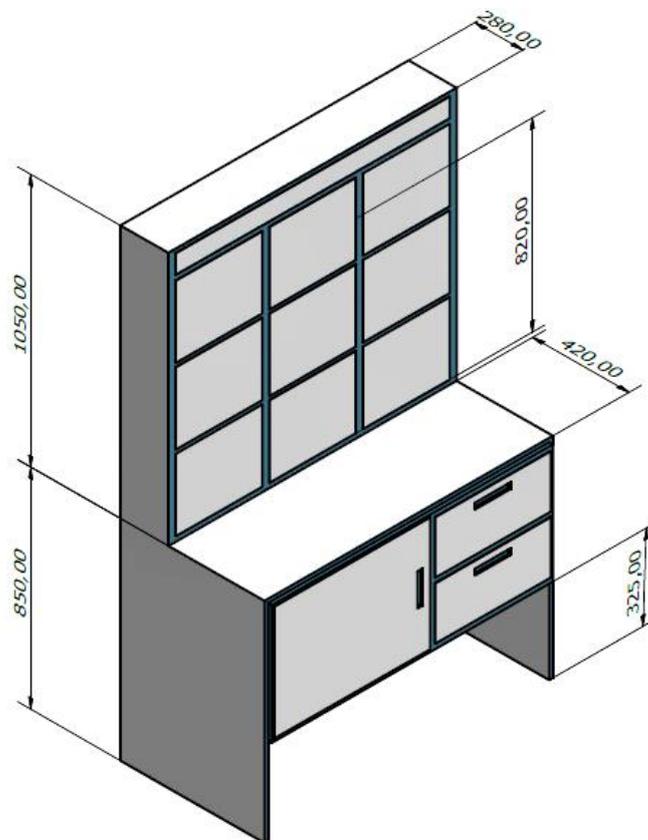
$$\text{Alcance máximo vertical} = 1208 \text{ mm} + [631 \text{ mm} \cdot \sin(48.27)]$$

$$\text{Alcance máximo vertical} = 1679 \text{ mm}$$

En la Figura 35 se muestra el diseño y las principales cotas del dimensionamiento del banco, en donde se pueden observar el modelo desde una perspectiva isométrica. Para el modelado se ha utilizado el software Inventor en la versión estudiantil.

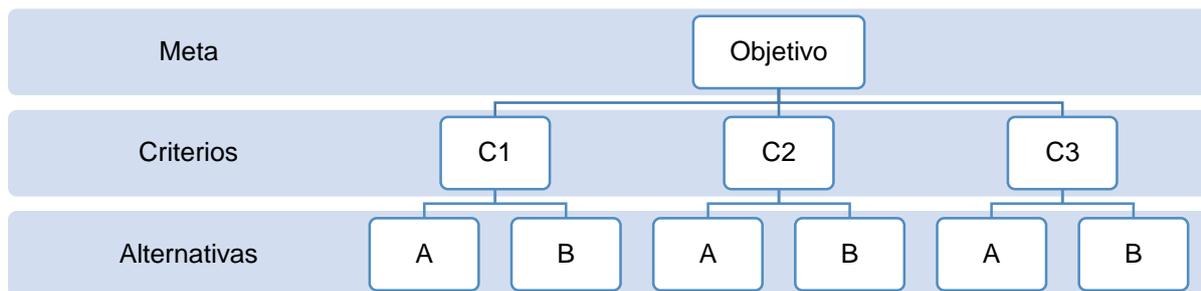
Figura 35

Modelado del banco didáctico y principales medidas



5.1.3 Selección del material

Para esta fase fue necesario hacer un análisis jerárquico, esta técnica permite optimizar la toma de decisiones cuando están en consideración múltiples criterios; permitiendo evaluar la influencia de cada uno de ellos en el objetivo de la decisión. Para ello se hizo uso de tres niveles: el nivel superior contendrá el objetivo de la decisión, el intermedio los criterios y el inferior las alternativas.



Una de las ventajas de este proceso, es que permite evaluar la consistencia de los juicios a través del cálculo de la razón de consistencia, siendo aceptable por debajo de 0.1.

El software que se empleó para llevar a cabo este proceso es Expert choice 11, en donde se introdujo la información mostrada en la Tabla 2, misma que muestra los pesos de cada criterio acorde a las alternativas de materiales.

Tabla 2

Caracterización de materiales para la construcción del banco didáctico

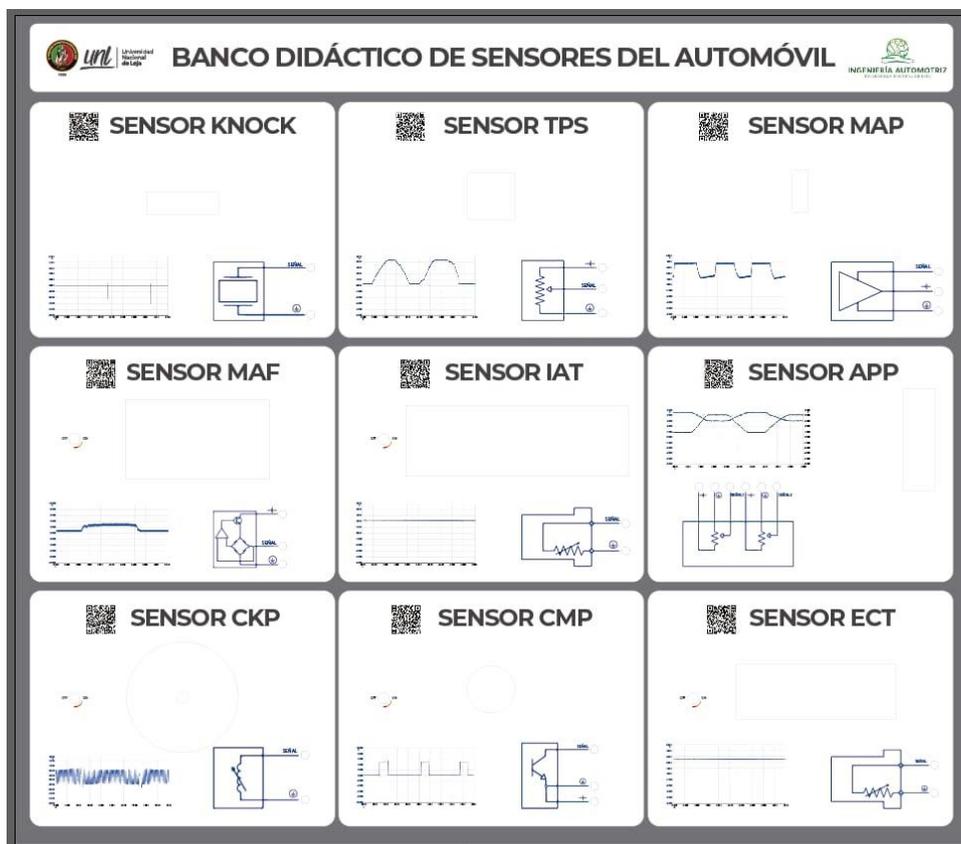
Criterio / Peso estimado	Materiales			
	Melamina	MDF	OSB	Plywood
Precio por metro cuadrado / 8	\$ 9,02	\$11,45	\$14,48	\$7.51
Acabado / 10	10	8	6	7
Resistencia a la flexión / 7	14 710 208.9 N/m ²	29 910 758.1 N/m ²	18 534 863.2 N/m ²	27 459 056.6 N/m ²
Durabilidad / 5	9	6	7	8
Densidad / 5	630 Kg/m ³	740 Kg/m ³	650 Kg/m ³	540 Kg/m ³
Mecanizable / 6	8	9	7	6

5.1.4 Diseño gráfico del tablero

El tablero cuenta con una dimensión de 1200 mm de ancho por 1050 mm de alto, el espacio fue distribuido proporcionalmente para los nueve sensores, tal como se indica en la Figura 38. El espacio disponible para cada sensor es de 360 mm de ancho por 300 mm de alto, mismo que muestra la señal característica, el esquema de conexión y un código QR que remitirá a un enlace web, donde se encontrará la guía práctica a realizar.

Figura 38

Disposición del espacio de trabajo para cada sensor



5.2 Construcción del banco didáctico

5.2.1 Instalación del vinil y ubicación de elementos

Antes de colocar el adhesivo en la plancha de melamina, se limpió el espacio para evitar la formación de burbujas, de este modo, se procedió a pegar el vinil, tal como se muestra en la Figura 39.

Figura 39

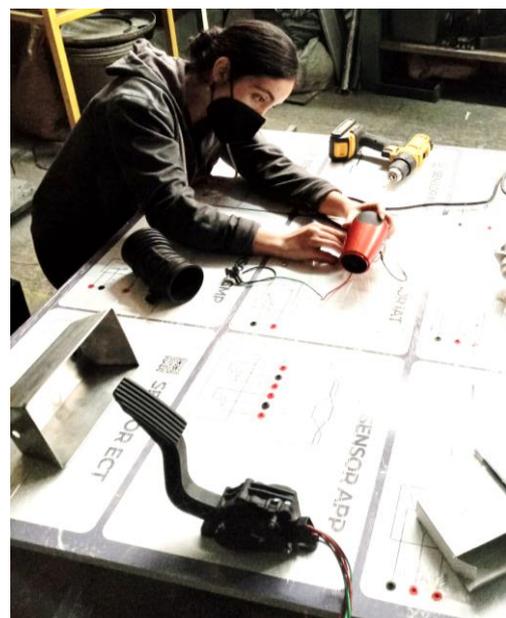
Adhesión del vinil al tablero del banco didáctico



Una vez realizado el procedimiento anterior, con ayuda de un taladro se realizaron las perforaciones correspondientes para la ubicación de borneras, sujeción de los sensores y elementos actuadores, tal como se puede observar en la Figura 40.

Figura 40

Proceso de construcción del banco didáctico



Nota: a) Perforación del tablero; b) Ubicación de sensores y elementos actuadores

5.2.2 Instalación de sensores y componentes eléctricos

5.2.2.1 Instalación del sensor KNOCK

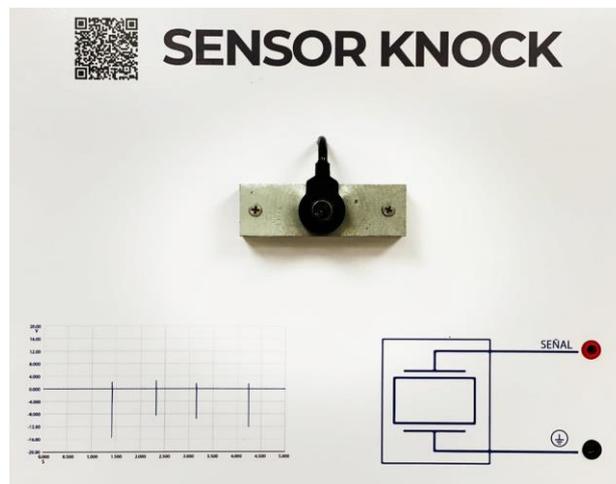
El sensor de detonación Knock, dispone de dos pines:

1. Señal
2. GND

Con el propósito de que las vibraciones sean captadas de mejor manera por el sensor Knock, se construyó una pequeña base de aluminio, posterior a ello se lo instalo en el espacio previsto con dos pernos de sujeción, tal como se muestra en la Figura 41.

Figura 41

Instalación del sensor Knock



5.2.2.2 Instalación del sensor TPS

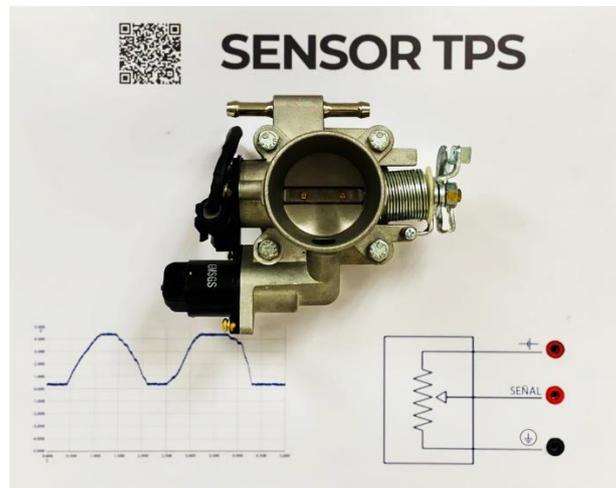
El sensor TPS cuenta con tres cables, los cuales son:

1. Alimentación 5V
2. Señal
3. GND

Para la instalación se colocó el cuerpo de aceleración en el espacio designado, y con la finalidad de poder accionar la válvula de mariposa se dejó previsto un espacio de aproximadamente 5 cm desde el plano frontal del banco, tal como se concibe en la Figura 42.

Figura 42

Instalación del sensor TPS



5.2.2.3 Instalación del sensor MAP

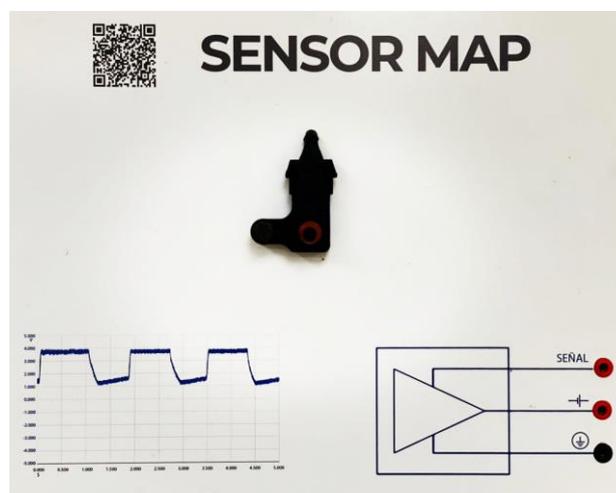
El sensor MAP cuenta con tres cables, los cuales son:

1. Señal
2. Alimentación 5V
3. GND

El montaje de este sensor fue relativamente sencillo debido a su reducido tamaño, además fue ubicado de manera estratégica en el tablero con el objetivo de facilitar la conexión y manejo del vacuómetro, tal como se observa en la Figura 43.

Figura 43

Instalación del sensor MAP



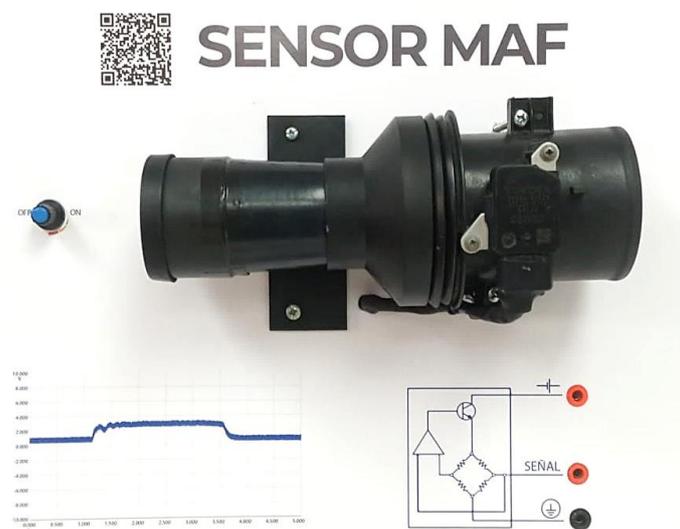
5.2.2.4 Instalación del sensor MAF

El sensor de flujo másico de aire mostrado en la Figura 44, funciona bajo el principio de hilo caliente, este elemento cuenta con tres pines:

1. Alimentación 5V
2. Señal
3. GND

Figura 44

Instalación del sensor MAF

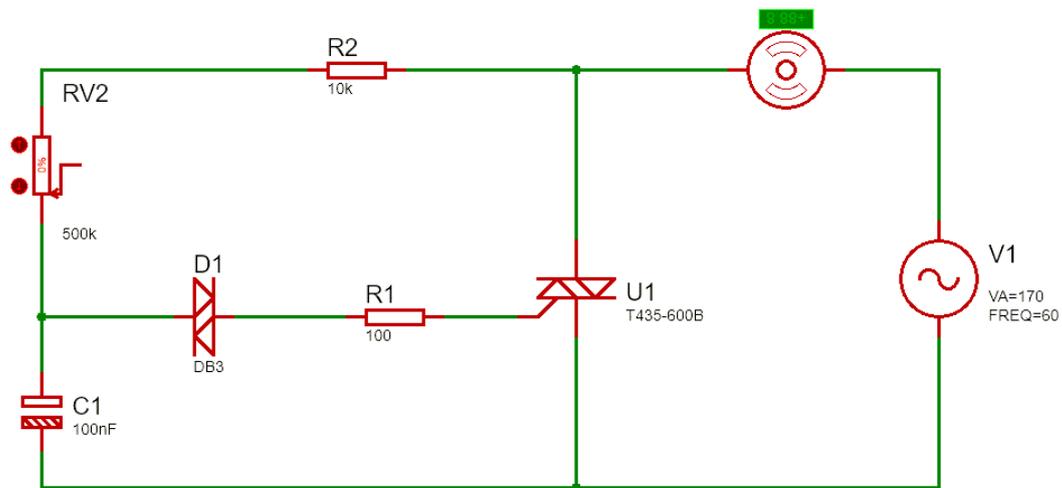


Para simular la entrada de aire, se incorporó un ventilador direccionado hacia al sensor mediante algunos elementos diseñados en el software Inventor, y posteriormente impresos bajo la tecnología 3D, tal como se muestra en el Anexo 11.

Con el propósito de variar el flujo de aire, se dispuso un dimmer electrónico. El Dimmer se encarga de recortar la onda de la senoidal debido a que el Diac genera una barrera en el Gate del Triac, esta barrera debe ser superada para poder activar el Triac, con el potenciómetro y el capacitor C1 se genera un divisor de tensión que es el voltaje que se recorta para que se active el motor, cuyo circuito se puede observar en la Figura 45, al variar el potenciómetro se consigue aumentar o disminuir la velocidad del motor.

Figura 45

Circuito de control de velocidad para motor AC



5.2.2.5 Instalación del sensor IAT

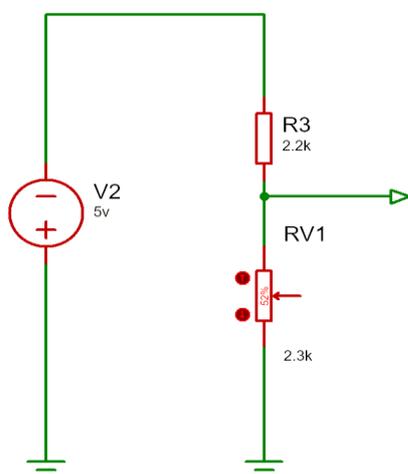
El sensor medidor de temperatura de aire de admisión dispone de dos pines:

1. Señal
2. GND

Para la obtención del voltaje de señal se conectó un circuito divisor de tensión, tal como se muestra en la Figura 46, la resistencia que se usó en este circuito fue obtenida mediante la ecuación 3.

Figura 46

Divisor de voltaje para el sensor IAT



$$V_0 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V_i \quad \text{ec.(3)}$$

$$R_1 = \frac{-V_0 \cdot R_2}{V_0 - V_i}$$

$$R_1 = \frac{-2.5 \text{ V} \cdot 2.3 \text{ k}\Omega}{2.5 \text{ V} - 5 \text{ V}}$$

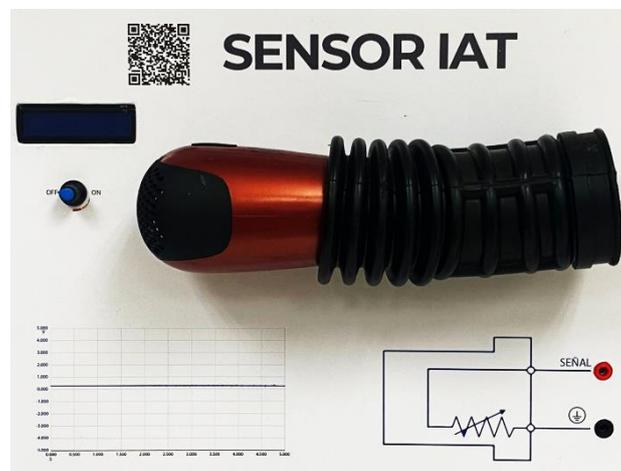
$$R_1 = 2.3 \text{ k}\Omega$$

El valor V_0 se ha considerado de 2.5 V debido a que los voltajes de señal del sensor generalmente oscilan en un rango de 2-3 V. El valor de R_2 corresponde a la medición de la resistencia variable del sensor cuando este se encuentra a temperatura ambiente y V_i pertenece al voltaje de alimentación de la fuente.

Para la simulación se requirió de una secadora de cabello, tal como se visualiza en la Figura 47, misma que tiene por función enviar el aire caliente al sensor, para la variación de la velocidad se instaló un dimmer , como se indicó en la Figura 45.

Figura 47

Instalación del sensor IAT



La medición de temperatura es importante para el desarrollo de las prácticas académicas, por ello se dispuso de dos sondas LM35 y dos pantalla LCD de 16x2 comandadas mediante la programación de la placa Arduino Uno, tanto para el sensor IAT como el sensor ECT. La programación se muestra en el Anexo 12.

5.2.2.6 Instalación del sensor APP

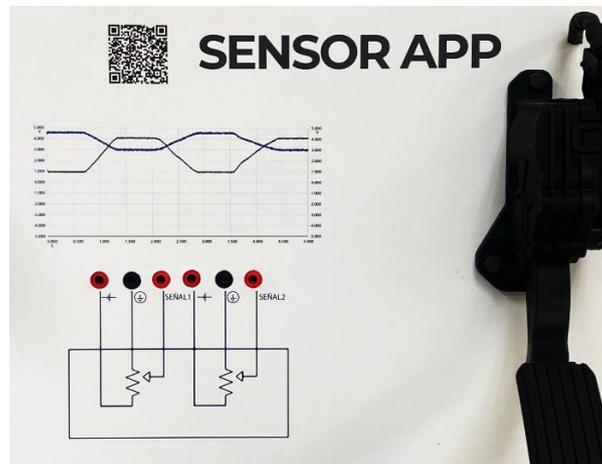
El sensor APP dispone de seis pines, debido a que posee dos pistas resistivas y cada una de ellas está conformada por:

1. Alimentación 5V
2. GND
3. Señal

Para la instalación del pedal de aceleración fue necesario la inmovilidad de la base del mismo para poder facilitar su accionamiento, tal como se muestra en la Figura 48.

Figura 48

Instalación del sensor APP



5.2.2.7 Instalación del sensor CKP

El sensor CKP dispone de dos pines:

1. Señal
2. GND

Para la obtención de señal de este sensor se instaló un motor eléctrico de velocidad variable, cuyas características se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

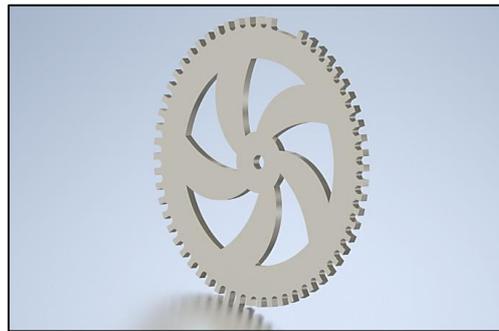
Datos del motor Century 1/6 HP

Características	Valor
Voltaje de alimentación	110 V AC
Frecuencia	60 Hz
Potencia	150 W
Rango de RPM	0-10 000

En el software inventor versión estudiantil se modelo una rueda fónica dentada, misma que consta de 60 - 2 dientes, cuyo espesor es de 5 mm, el diámetro interno de 6 mm y el externo de 140 mm, tal como se muestra en la Figura 49.

Figura 49

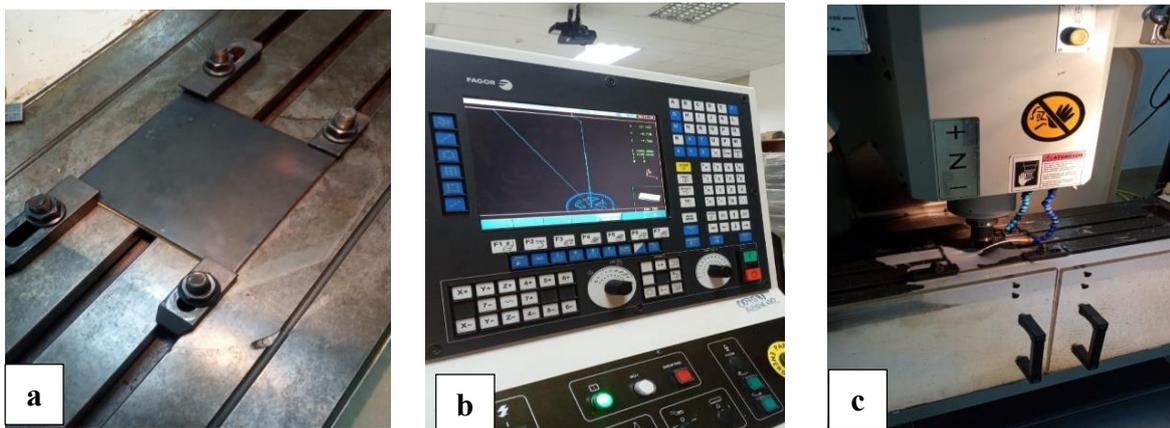
Modelado de la rueda fónica 60-2



Posteriormente para la fabricación de la misma, se generó el código G con asistencia del software de Inventor HSM, el cual fue cargado al centro de mecanizado Travis m5 con controlador Fagor 8055 m, que dispone la fresadora CNC. El material del cual se manufacturó la rueda fónica fue hierro negro. El proceso mencionado se puede observar en la Figura 50.

Figura 50

Manufactura de la rueda fónica en la fresadora CNC

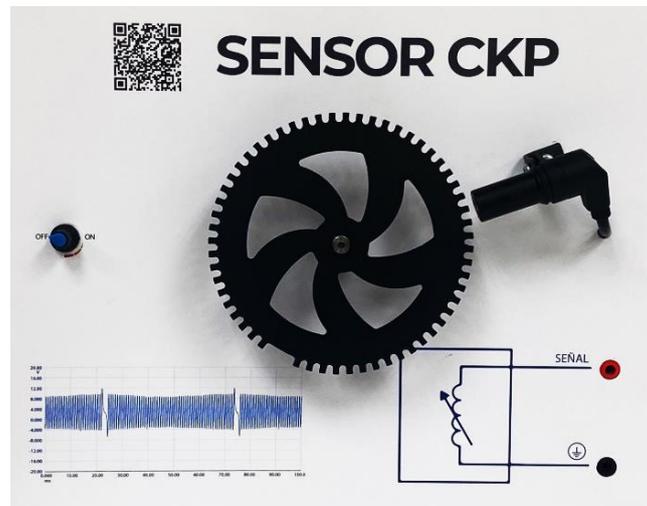


Nota : **a)** Ubicación de la plancha de hierro negro; **b)** Ejecución del código G en la fresadora CNC; **c)** Mecanizado de la rueda fónica

La rueda fónica construida se sujetó a un extremo del eje de giro del motor, tal como se muestra en la Figura 51, para la inmovilización del sensor CKP se hizo uso de un osciloscopio, con el fin de ir verificando a que distancia de la rueda el sensor genera la señal.

Figura 51

Instalación del sensor CKP



5.2.2.8 Instalación del sensor CMP

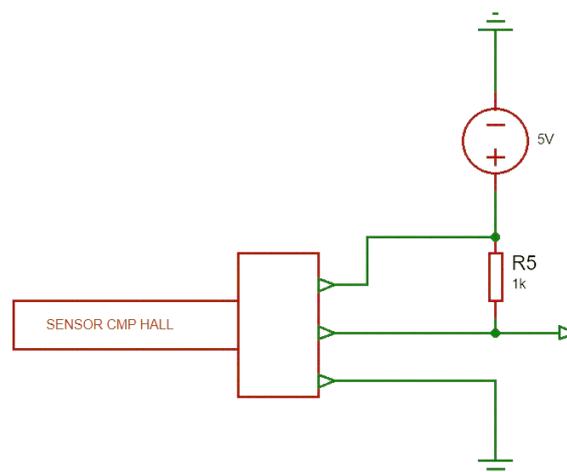
El sensor CMP está constituido por 3 pines:

1. Señal
2. GND
3. Alimentación 5V

Para la obtención del voltaje de salida se conectó un circuito divisor de tensión, tal como se muestra en la Figura 52.

Figura 52

Conexión eléctrica para la toma de señal del sensor CMP



Al mismo tiempo, con el objetivo de producir la señal característica se instaló un motor eléctrico de velocidad variable, cuyas características se muestran en la Tabla 4. Al extremo del eje de giro del motor se adaptó la rueda generatriz, tal como se visualiza en la Figura 53.

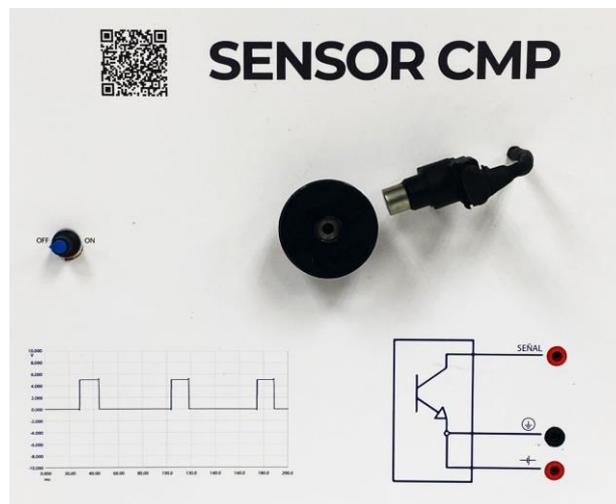
Tabla 4

Datos del motor Enduro HM100

Características	Valor
Voltaje de alimentación	110 V AC
Frecuencia	60 Hz
Potencia	100 W
Rango de RPM	0-6 000

Figura 53

Instalación del sensor CMP



5.2.2.9 Instalación del sensor ECT

El sensor medidor de temperatura de refrigerante dispone de dos pines:

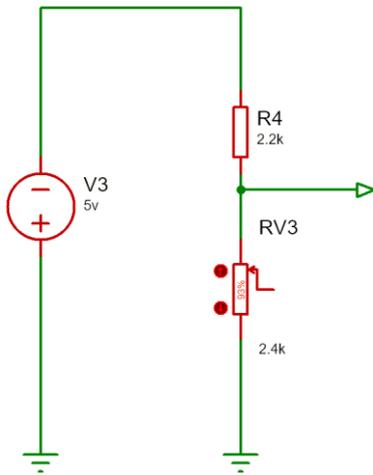
1. Señal
2. GND

Para la obtención del voltaje de señal se dispuso un circuito divisor de voltaje, tal como se indica en Figura 54, la resistencia que se usó en este circuito se calculó a través de la

ecuación 2. A diferencia del sensor IAT en donde se llevó a cabo el mismo proceso, radica en que la resistencia interna R_2 del sensor ECT es de $2.4\text{ k}\Omega$.

Figura 54

Divisor de voltaje para el sensor ECT



$$R_1 = \frac{-V_0 \cdot R_2}{V_0 - V_i}$$

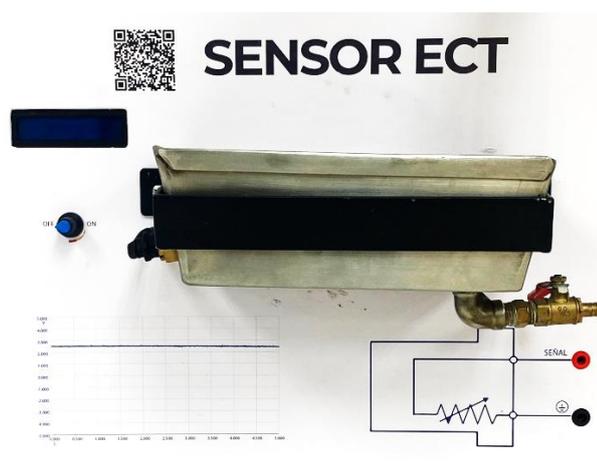
$$R_1 = \frac{-2.5\text{ V} \cdot 2.4\text{ k}\Omega}{2.5\text{ V} - 5\text{ V}}$$

$$R_1 = 2.4\text{ k}\Omega$$

Con la finalidad de observar el comportamiento de la señal es necesario variar la temperatura, por tal motivo se instaló una resistencia calefactora en un recipiente que contiene líquido refrigerante dispuesto para la simulación, como se muestra en la Figura 55.

Figura 55

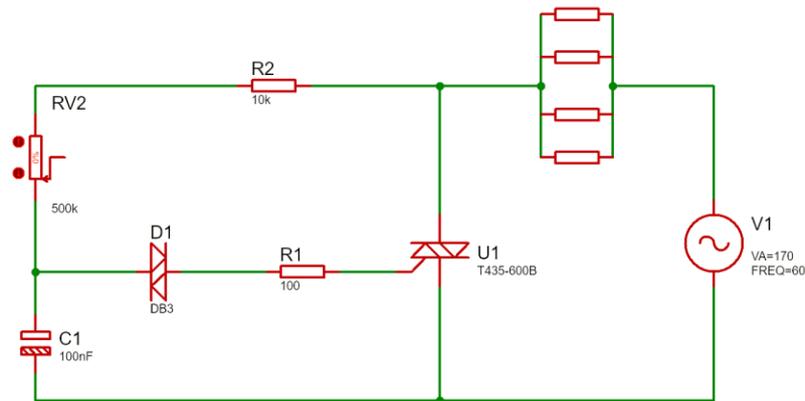
Instalación del sensor ECT



Es importante señalar que se conectó un dimmer electrónico para controlar el incremento de temperatura, tal como se observa en la Figura 56.

Figura 56

Conexión eléctrica de la resistencia calefactora



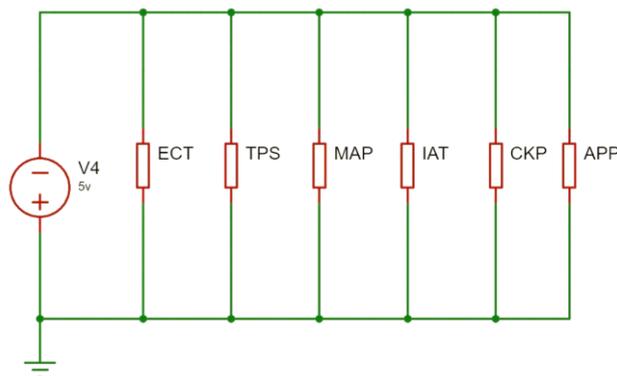
5.2.2.10 Instalación de las fuentes de alimentación

Para la selección de las fuentes de voltaje se calculó la cantidad de corriente que circulará en los circuitos, teniendo en cuenta que se necesitan 2 fuentes; una de 5 V y otra de 12 V. La fuente de 5V es necesaria para los sensores: TPS, MAP, IAT, APP, ECT y CKP y la fuente de 12 V es utilizada en el calentador del sensor MAF de hilo caliente.

Los sensores que necesitan alimentación de 5 V se conectaron en paralelo, tal como se indica en la Figura 57, posteriormente se midió la resistencia equivalente para calcular la intensidad máxima y en base a ello se estableció la potencia de la fuente.

Figura 57

Conexión eléctrica de los sensores a la fuente de 5 V



$$I = \frac{V}{R} \quad \text{ec.(4)}$$

$$I_{TPS} = \frac{5 \text{ V}}{683 \Omega} = 7,321 \text{ mA}$$

$$I_{MAP} = \frac{5 \text{ V}}{656 \Omega} = 7,622 \text{ mA}$$

$$I_{IAT} = \frac{5 \text{ V}}{1\,299 \Omega} = 3,849 \text{ mA}$$

$$I_{APP} = \frac{5 \text{ V}}{1\,318 \Omega} = 3,794 \text{ mA}$$

$$I_{ECT} = \frac{5 \text{ V}}{3\,116 \Omega} = 1,579 \text{ mA}$$

$$I_{CMP} = \frac{5 \text{ V}}{5\,280 \Omega} = 0,947 \text{ mA}$$

Se utilizó las propiedades de los circuitos en paralelos para establecer la corriente máxima, como se muestra en la ecuación 5.

$$I_{TOTAL} = I_{TPS} + I_{MAP} + I_{IAT} + I_{APP} + I_{CKP} + I_{ECT} \quad \text{ec.(5)}$$

$$I_{TOTAL} = 7,321 \text{ mA} + 7,622 \text{ mA} + 3,849 \text{ mA} + 3,794 \text{ mA} + 1,579 \text{ mA} + 0,947 \text{ mA}$$

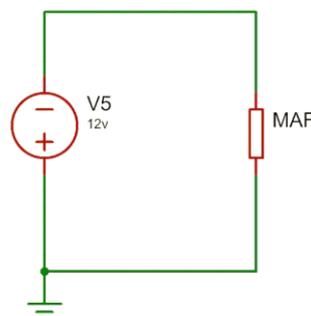
$$I_{TOTAL} = 25,112 \text{ mA} = 0,025 \text{ A}$$

La fuente que se adquirió de acuerdo a los parámetros determinados es de 5V / 1A.

Para fijar la intensidad y potencia de la fuente de 12 V, se utilizó la ecuación 4 que refiere a la ley de ohm, por lo que fue importante conocer el valor de resistencia del sensor MAF. En la figura 58, se puede apreciar la conexión del circuito.

Figura 58

Conexión eléctrica del sensor MAF a la fuente de 12 V



$$I_{MAF} = \frac{5 V}{655 \Omega} = 7,634 mA$$

De acuerdo a los datos obtenidos se demandó de una fuente de 12V / 2A.

Las fuentes fueron instaladas de manera estratégica en la parte posterior del tablero de control, para que de esta forma sean distribuidas las respectivas conexiones tanto de corriente, como de masa hacia los sensores.

6. Resultados

6.1 Mediciones de voltaje y obtención de oscilogramas de los sensores

Para obtener los datos de voltaje de los sensores del banco didáctico se necesitó de un multímetro, se configura a la escala de voltaje continuo VCD. Posteriormente se debe constatar que los sensores estén recibiendo alimentación desde la fuente. Con la finalidad de medir el voltaje de salida de cada sensor se debe conectar los puntales del multímetro en señal y GND respectivamente.

Las mediciones de señal con el multímetro no se realizaron en el sensor KNOCK no debido a que es imprescindible el uso de un martillo modal, que permita conocer la frecuencia de excitación para relacionarlo con el voltaje de salida generada. De igual manera en los sensores CKP y CMP porque la señal de salida depende de la velocidad de giro del motor, modificando su amplitud y frecuencia.

Para la obtención de las formas de onda de los sensores se usó un osciloscopio automotriz MaxiScope MP408, este instrumento de diagnóstico brinda mayor información sobre el comportamiento del componente analizado.

6.1.1 Mediciones del sensor KNOCK

Para realizar una medición del voltaje del sensor de detonación, se provocó golpes suaves a la base de sujeción del mismo, tal como se muestra en la Figura 59.

Figura 59

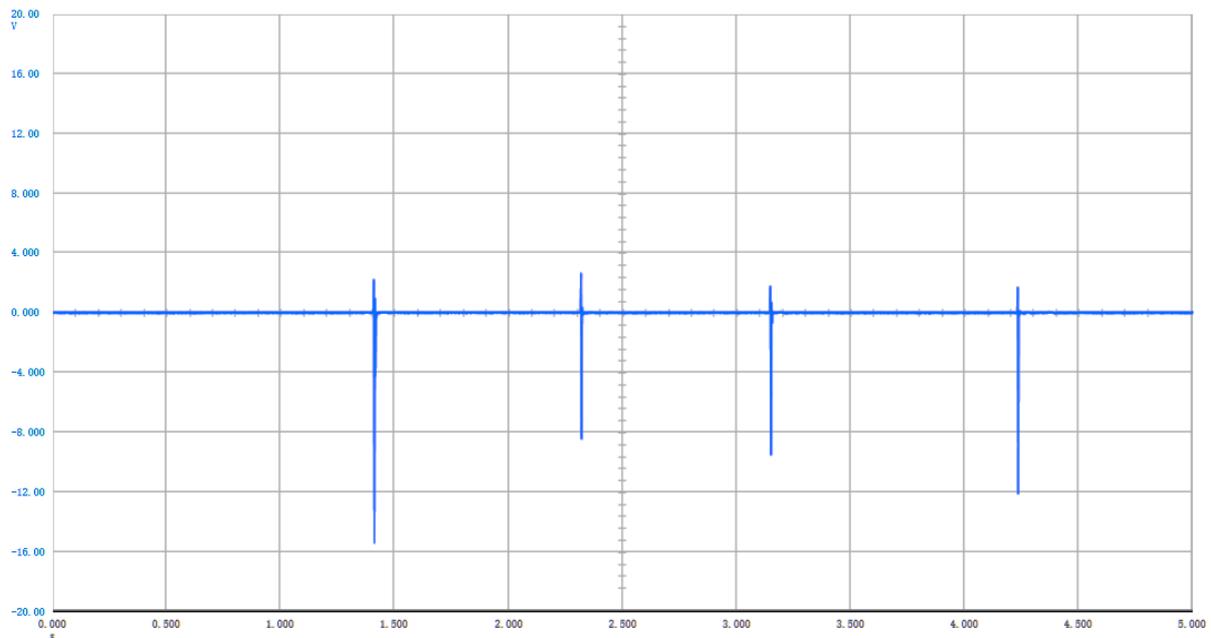
Excitación del sensor KNOCK y toma de datos con un multímetro



El rango de trabajo del sensor se encuentra entre 200 y 400 mV, al ser una señal demasiado baja, es difícil determinar con exactitud la amplitud. Por lo tanto, se ha visualizado su comportamiento mediante un osciloscopio, tal como se muestra en la Figura 60.

Figura 60

Oscilograma del sensor KNOCK



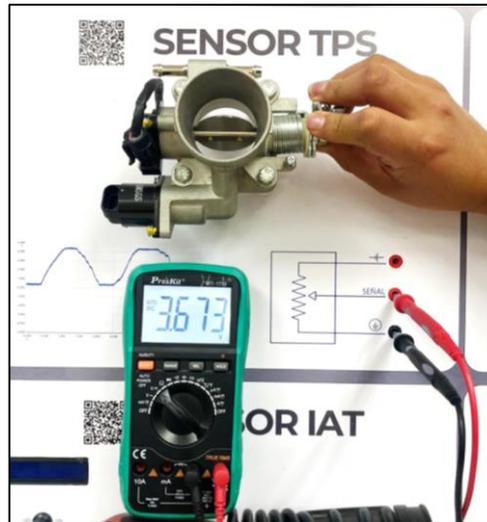
Nota: Los picos de voltaje que se muestran en oscilograma revelan las vibraciones causadas por cada golpeo a la base del sensor KNOCK.

6.1.2 Mediciones del sensor TPS

Para obtener el valor de señal de salida es preciso girar la mariposa del cuerpo de aceleración a distintos grados de apertura o porcentajes, tal como se indica en la Figura 61.

Figura 61

Apertura de la mariposa de aceleración y toma de datos mediante un multímetro



Los valores obtenidos se exponen en la Tabla 5. De igual forma en la Figura 62, se puede observar la forma de onda obtenida mediante un osciloscopio.

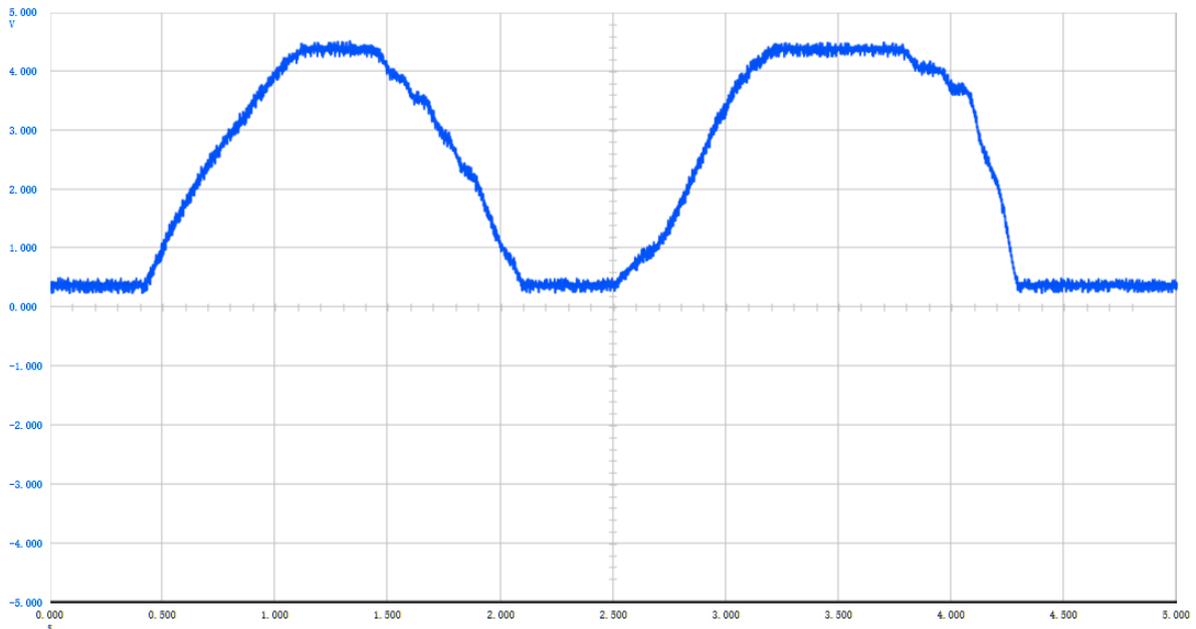
Tabla 5

Valores de voltaje del sensor TPS respecto a la variación de apertura de la válvula de mariposa

Posición de la mariposa	Voltaje
Cerrada	0.399
25 %	1.355
50 %	2.269
75 %	3.378
Totalmente abierta	4.40

Figura 62

Oscilograma del sensor TPS



Nota: El valor de voltaje mínimo de 0.40 V se muestra cuando el en la posición de acelerador cerrado (ralentí), aumentando gradualmente el voltaje a medida que se abre el acelerador, hasta alcanzar el pico máximo en un valor de 4,40 V.

6.1.3 Mediciones del sensor MAP

Con ayuda de un vacuómetro se aplicó vacío a la toma de aire del sensor para simular la depresión generada por el motor térmico, tal como se visualiza en la Figura 63. Los valores de señal obtenidos se pueden observar en la Tabla 6.

Figura 63

Aplicación de depresión a la cámara del sensor MAP y toma de datos mediante un multímetro.

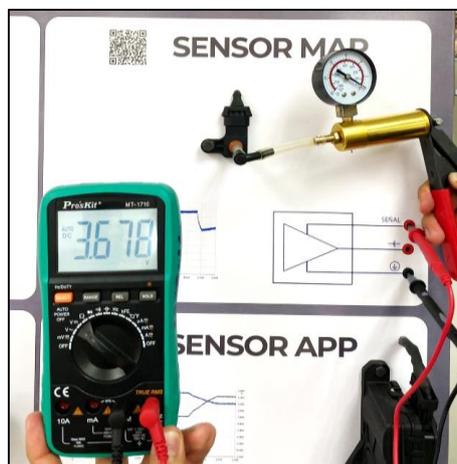


Tabla 6

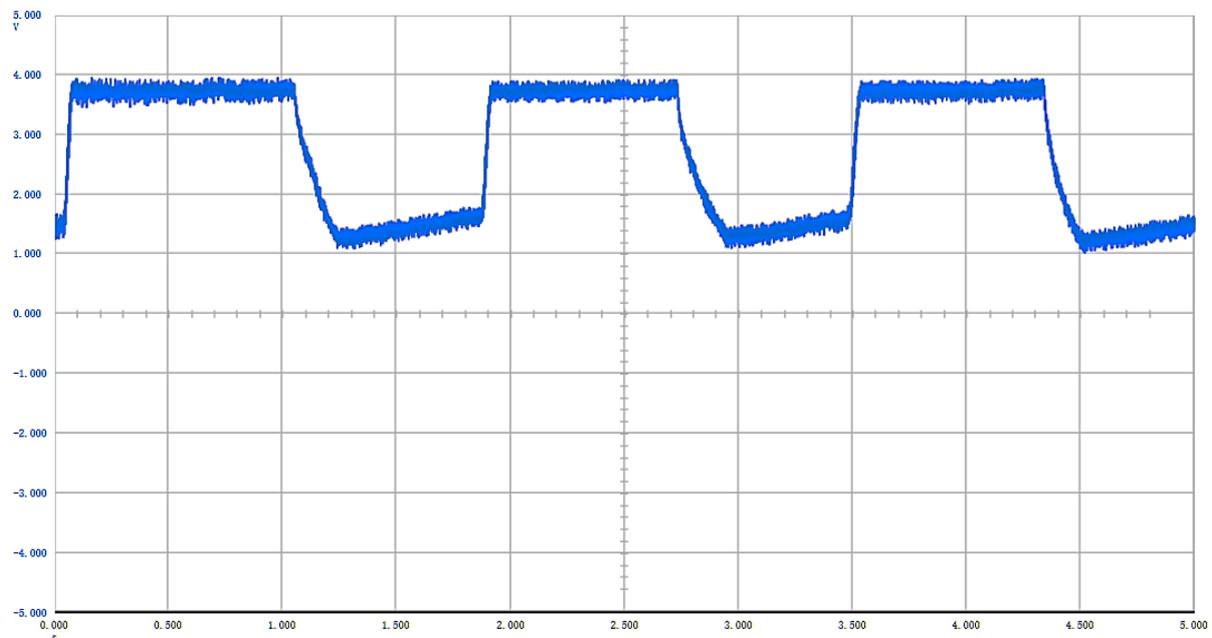
Valores de voltaje del sensor MAP respecto a la depresión generada

Presión [in Hg]	0	5	10	15	20
Voltaje	3.670	3.078	2.316	1.459	0.571

Los valores que se muestran en la tabla indican que a medida que existe un incremento de depresión el voltaje decae, además esto se puede constatar en el oscilograma adquirido, el mismo que se visualiza en la Figura 64.

Figura 64

Oscilograma del sensor MAP



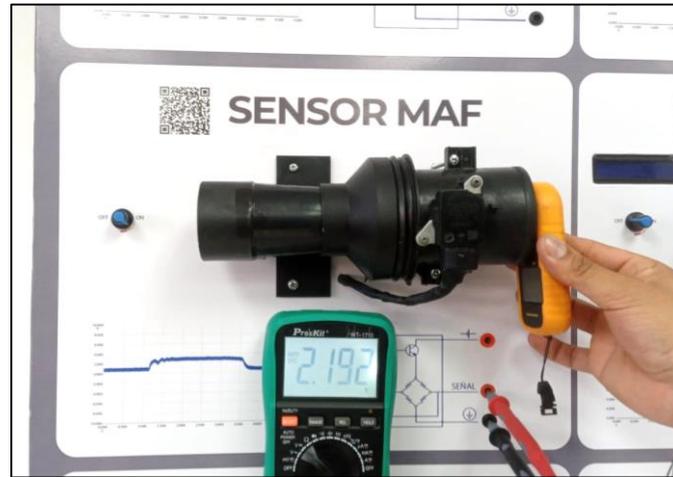
Nota: El voltaje de señal del sensor es de 3.6 V cuando no existe depresión, y conforme se aplique depresión con el vacuometro este valor puede decaer hasta aproximadamente 0.5 V.

6.1.4 Mediciones del sensor MAF

Con la intención de alterar el caudal de aire que debe ingresar en el sensor, se activó el ventilador y mediante potenciómetro se fue variando progresivamente la velocidad de giro del mismo, tal como se visualiza en la Figura 65.

Figura 65

Variación del caudal de aire que ingresar al sensor MAF y toma de datos mediante un multímetro



Para calcular el caudal es necesario conocer la velocidad a la que circula el aire y el área por donde ingresa, por tal motivo, se ha dotado al banco de un anemómetro y en la ecuación 6 se puede visualizar el valor del área deducida. Los datos obtenidos se registraron en la Tabla 7.

$$A = \pi \cdot (0,0325m)^2 = 3,318 \times 10^{-3} m^2 \quad \text{ec.(6)}$$

Tabla 7

Valores de voltaje del sensor MAF respecto a la variación del caudal de aire

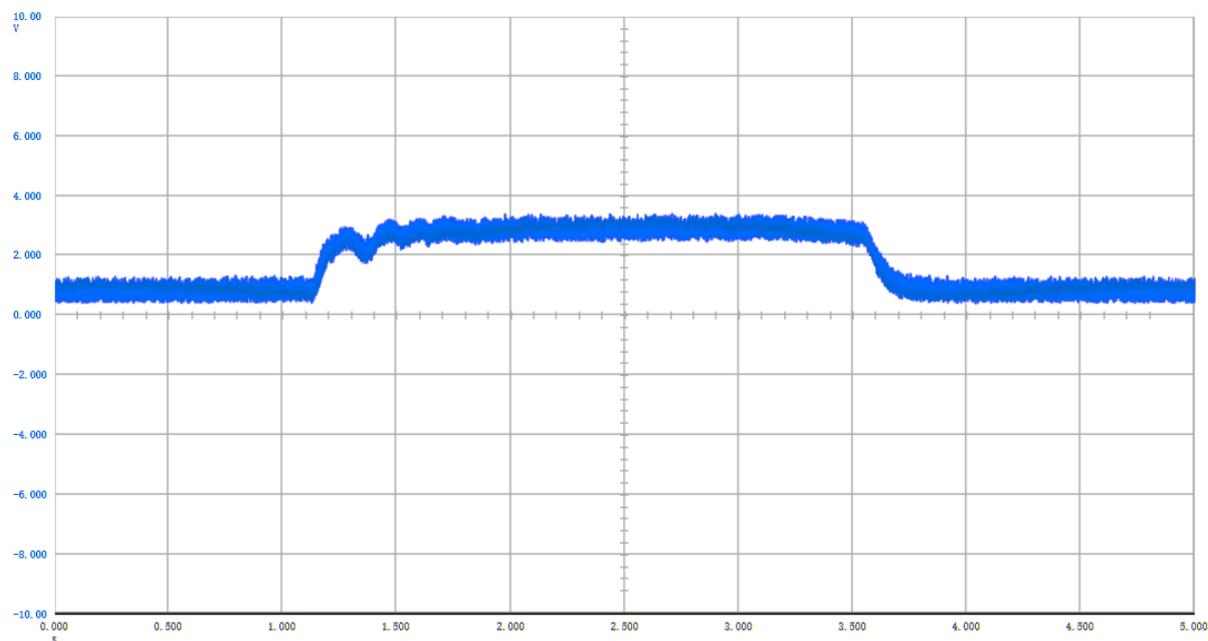
Condiciones de Velocidad de aire	Velocidad de aire medido $\left[\frac{m}{s}\right]$	Caudal de aire [$Q = V \cdot A$] [$Q = V \frac{m}{s} \cdot 3,318 \times 10^{-3} m^2$]	Voltaje
Nula	$0 \frac{m}{s}$	$0 \frac{m^3}{s}$	0,732V
Muy baja	$1,2 \frac{m}{s}$	$0,004 \frac{m^3}{s}$	1,560V
Baja	$2,1 \frac{m}{s}$	$0,007 \frac{m^3}{s}$	1,892V

Media baja	$4,2 \frac{m}{s}$	$0,014 \frac{m^3}{s}$	2,355V
Media	$5,4 \frac{m}{s}$	$0,018 \frac{m^3}{s}$	2,465V
Media alta	$6,2 \frac{m}{s}$	$0,021 \frac{m^3}{s}$	2,545V
Alta	$7,1 \frac{m}{s}$	$0,024 \frac{m^3}{s}$	2,650V
Muy alta	$8,3 \frac{m}{s}$	$0,028 \frac{m^3}{s}$	2,737V

Los datos que se exponen en la tabla demuestran que a medida que se incrementa el flujo de aire el voltaje también lo hace, además esto se puede verificar en el oscilograma obtenido, mismo que se representa en la Figura 66.

Figura 66

Oscilograma del sensor MAF



6.1.5 Mediciones del sensor IAT

Para adquirir los valores de medida se procedió a encender la secadora, misma que tiene la función de aumentar paulatinamente la temperatura del flujo de aire enviado hacia el

sensor. En la pantalla LCD se puede ir verificando los cambios de la magnitud física correspondiente, tal como se muestra en la Figura 67. Los datos generados se presentan en la Tabla 8.

Figura 67

Toma de datos del sensor IAT a través de un multímetro



Tabla 8

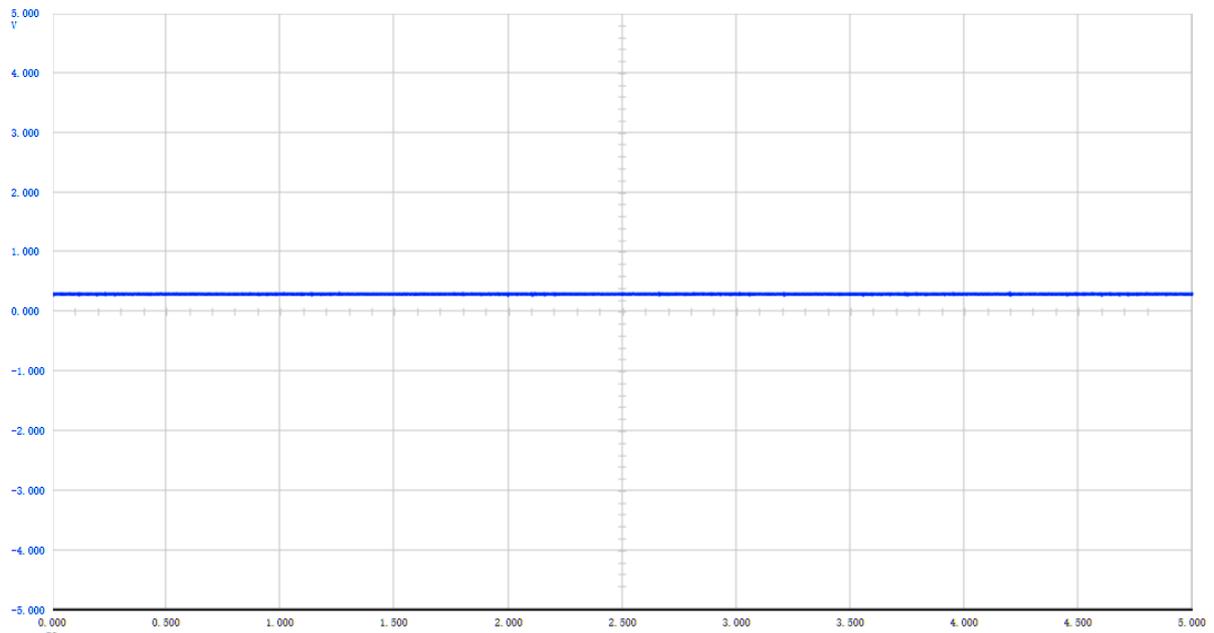
Valores de voltaje del sensor IAT respecto a los cambios de temperatura del aire

Temperatura (°C)	20	30	40	50	60
Voltaje Obtenido (V)	2.689	2.380	2.140	1.862	1.614

De acuerdo a los datos presentados se denota que se trata de un sensor NTC, ya que al aumentar la temperatura los valores de voltaje decaen, estos se encuentran en un rango desde 0.4 V a 3 V aproximadamente. En la figura 68, se observa el comportamiento del sensor adquirido por medio de un osciloscopio.

Figura 68

Oscilograma del sensor IAT



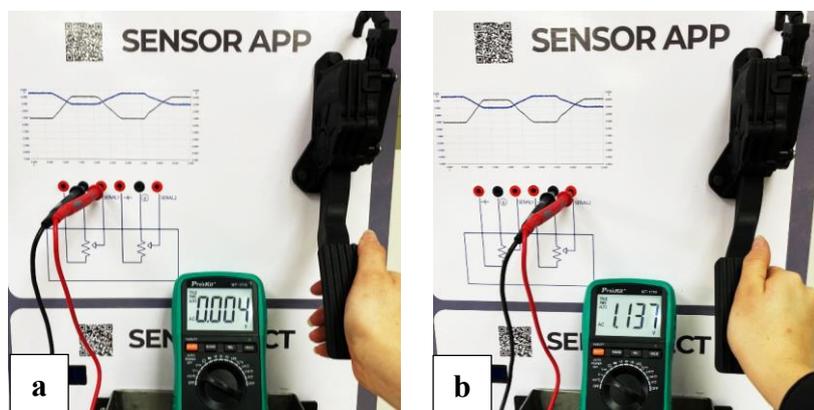
Nota: La señal muestra una transición poco significativa, debido a que el cambio de temperatura de aire es mínima.

6.1.6 Mediciones del sensor APP

Para adquirir los valores de voltaje del sensor APP, se debe tomar la medida de cada potenciómetro, para ello fue necesario variar el ángulo de operación del pedal de aceleración, tal como se concibe en la Figura 69.

Figura 69

Modificación de la posición del pedal de aceleración y uso del multímetro para la toma de datos de cada pista resistiva del sensor APP



Nota: a) Medida de señal en la pista 1 ; b) Medida de señal en la pista 2

Los datos obtenidos se registraron en la Tabla 9, asimismo, en la Figura 70 se puede observar el comportamiento del sensor APP, de manera específica se muestra la señal de cada potenciómetro, en donde la primera pista resistiva aumenta el voltaje al presionar el pedal del acelerador y la segunda decrece.

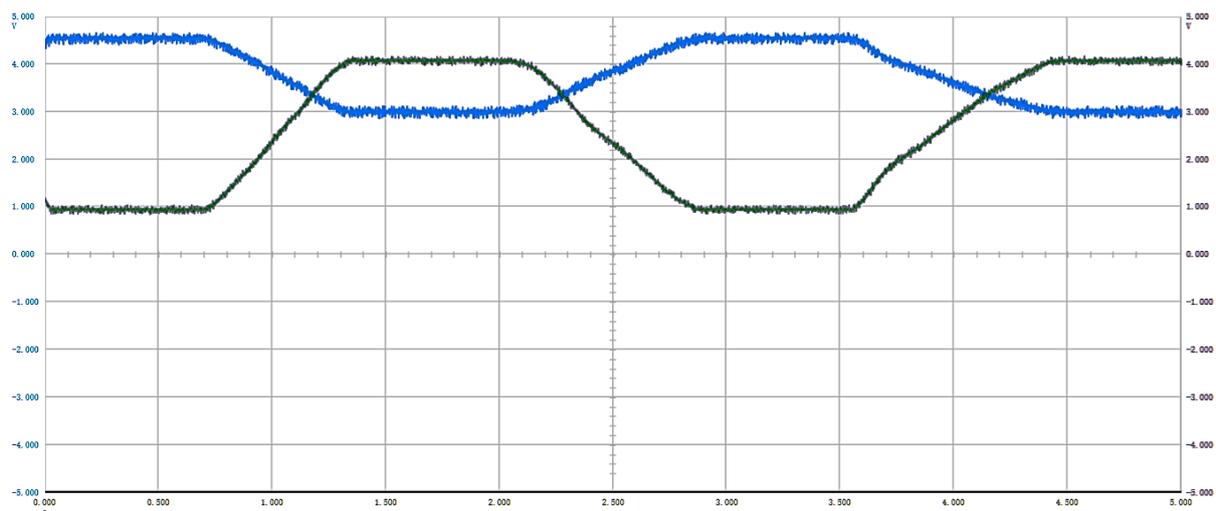
Tabla 9

Valores de voltaje del sensor APP respecto a la variación de posición del pedal de aceleración

Posición del pedal	Valor de voltaje medido	
	Pista 1	Pista 2
Sin presionar	1.003	4.56
25 %	1.763	4.169
50 %	2.557	3.774
75 %	3.319	3.402
Totalmente presionado	4.132	3.006

Figura 70

Oscilograma del sensor APP



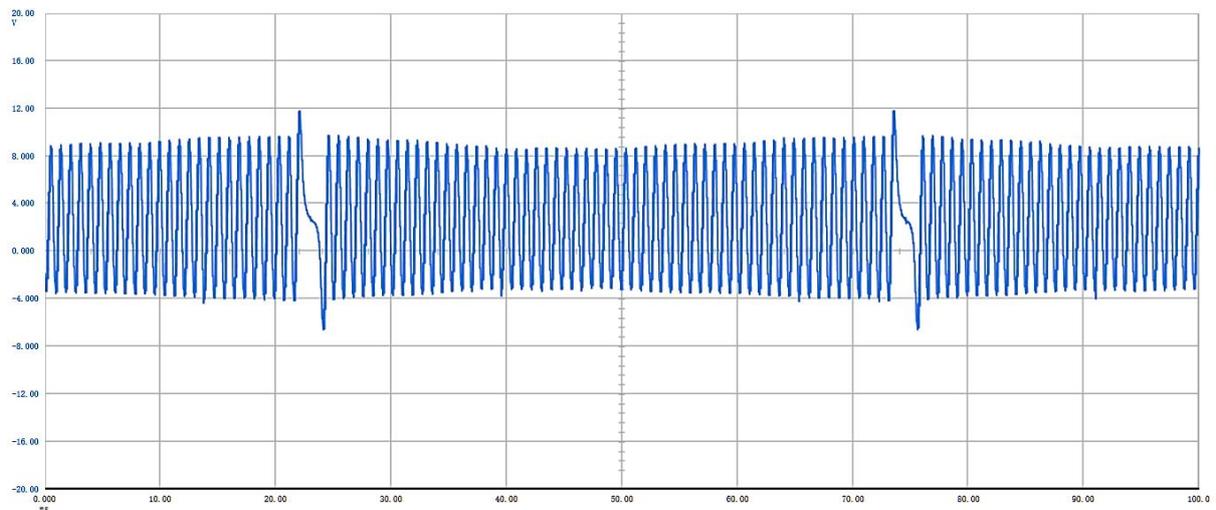
Nota: La señal representada en color gris muestra la primera pista resistiva, misma que tiene un rango de 1- 4 V aproximadamente. La señal de color azul muestra la segunda pista, que posee un valor de 3 - 4.5 V.

6.1.7 Mediciones del sensor CKP

Para adquirir la señal del sensor CKP es necesario accionar el motor y variar las revoluciones del mismo por medio de un potenciómetro, cuando el espacio sin dientes de la rueda fónica se alinea con el sensor, hay una perturbación de campo magnético igual u opuesta y no se induce voltaje.

Figura 71

Oscilograma del sensor CKP



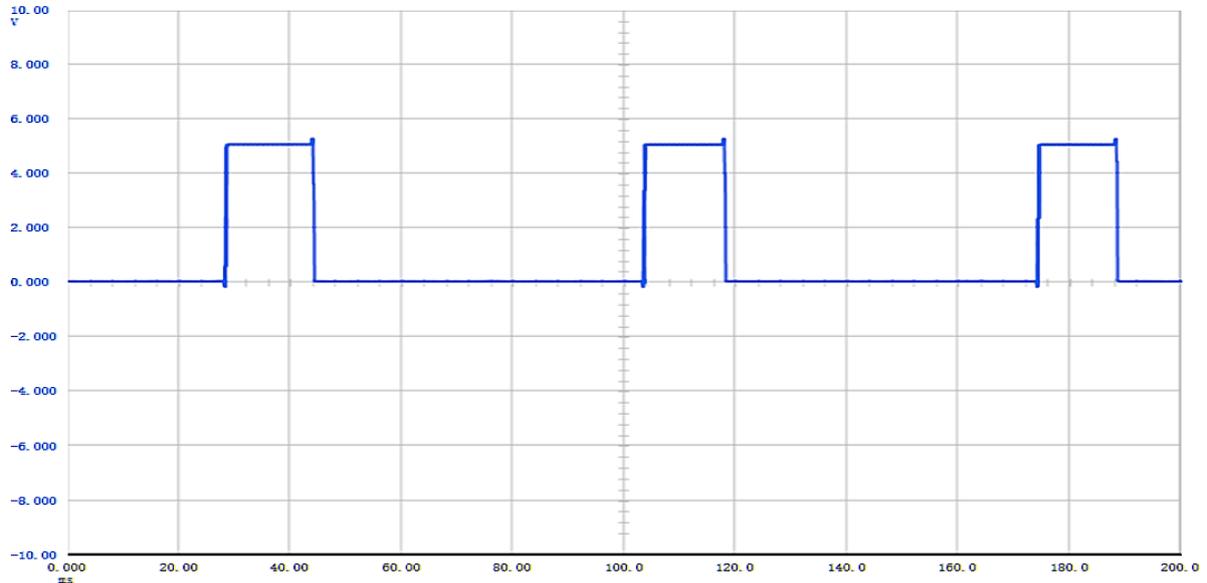
Cuando el borde delantero o trasero de un diente se alinea con el sensor, la perturbación del campo magnético y el voltaje inducido son mayores, tal como se muestra en la Figura 71.

6.1.8 Mediciones del sensor CMP

Con el propósito de visualizar el comportamiento del sensor CMP efecto Hall, se enciende el motor y se modifica el régimen de giro de la rueda de pulsos mediante el potenciómetro. A medida que la rueda de pulsos gira, atraviesa y perturba el campo magnético del sensor para modular el voltaje Hall. En respuesta, se genera la alternancia alta/baja (0 V a 5 V) de la señal produciendo una onda cuadrada digital, tal como se muestra en la Figura 72. La frecuencia general de la señal dependerá de la velocidad de giro de la rueda.

Figura 72

Oscilograma del sensor CMP



6.1.9 Mediciones del sensor ECT

Para realizar las mediciones del sensor ECT se encendió la termocupla o niquelina, de esta forma se aumenta la temperatura del agua que se encuentra en el reservorio, a medida que va aumentando la temperatura el sensor detecta este cambio físico, los datos obtenidos se han registrado en la Tabla 10. Se determina que el sensor tiene coeficiente negativo (NTC) siendo comprobado que al aumentar la temperatura disminuye su voltaje. La señal característica del sensor se visualiza en la Figura 73.

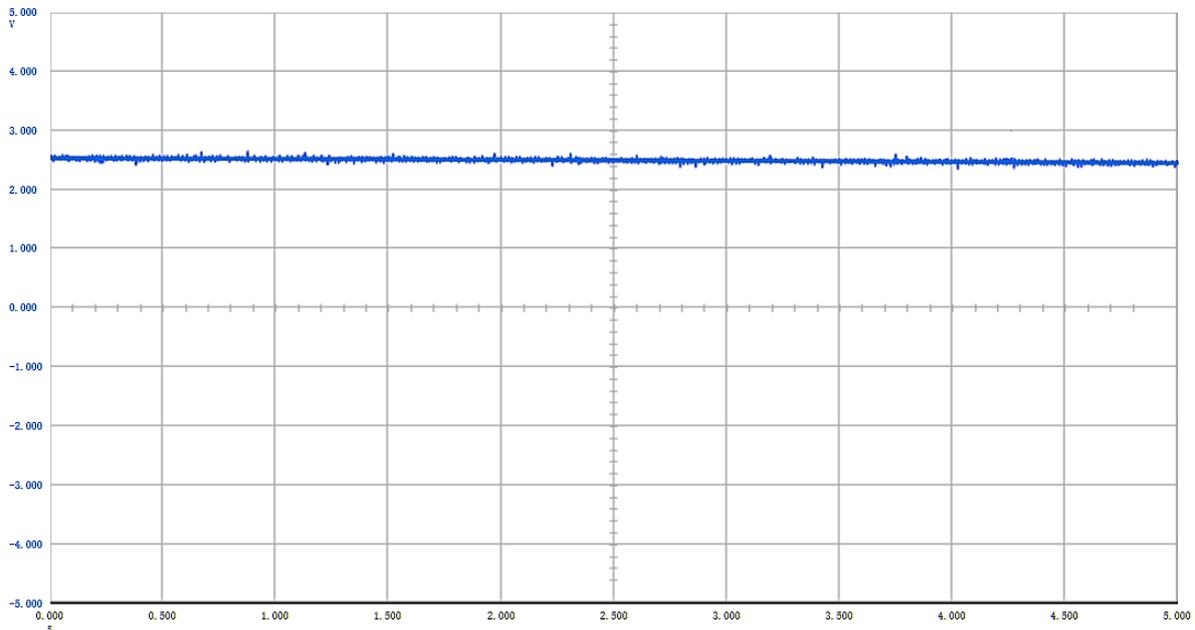
Tabla 10

Valores de voltaje del sensor ECT respecto a los cambios de temperatura del refrigerante

Temperatura (°C)	20	30	40	50	60	70	80	90
Voltaje Obtenido (V)	2.954	2.385	1.946	1.499	1.135	0.849	0.650	0.578

Figura 73

Oscilograma del sensor ECT



Nota: El voltaje del sensor ECT decae a medida que se incrementa la temperatura del refrigerante, sin embargo la variación de voltaje es poco significativa debido al tiempo de muestreo.

6.2 Definición de curva y función característica de los sensores

Los valores de medida de cada sensor que fueron registrados en las tablas del apartado anterior, se usaron para obtener la curva y ecuación característica mediante el software Matlab con asistencia del comando `cftool`. Además se realizó el ajuste polinomial de acuerdo al coeficiente de determinación R^2 (lo más cercano a 1), lo cual revela que son modelos matemáticos altamente confiables para pronósticos futuros.

6.2.1 Caracterización del sensor TPS

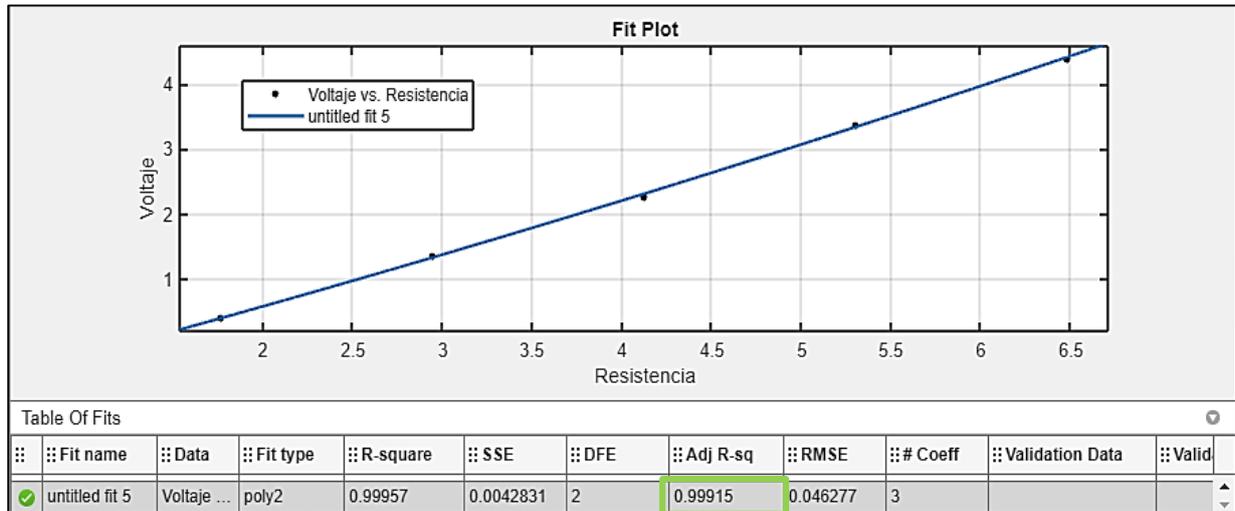
En la Figura 74 se encuentra representada la función característica del sensor TPS (ecuación 7), misma que corresponde a un polinomio de segundo grado.

$$f(x) = 0.059x^2 + 1.585x + 2.313 \quad \text{ec. 7}$$

El ajuste del coeficiente de determinación obtenido es de 0.99915, demostrando que los datos se acoplan de manera adecuada al modelo matemático.

Figura 74

Función característica del sensor TPS



6.2.2 Caracterización del sensor MAP

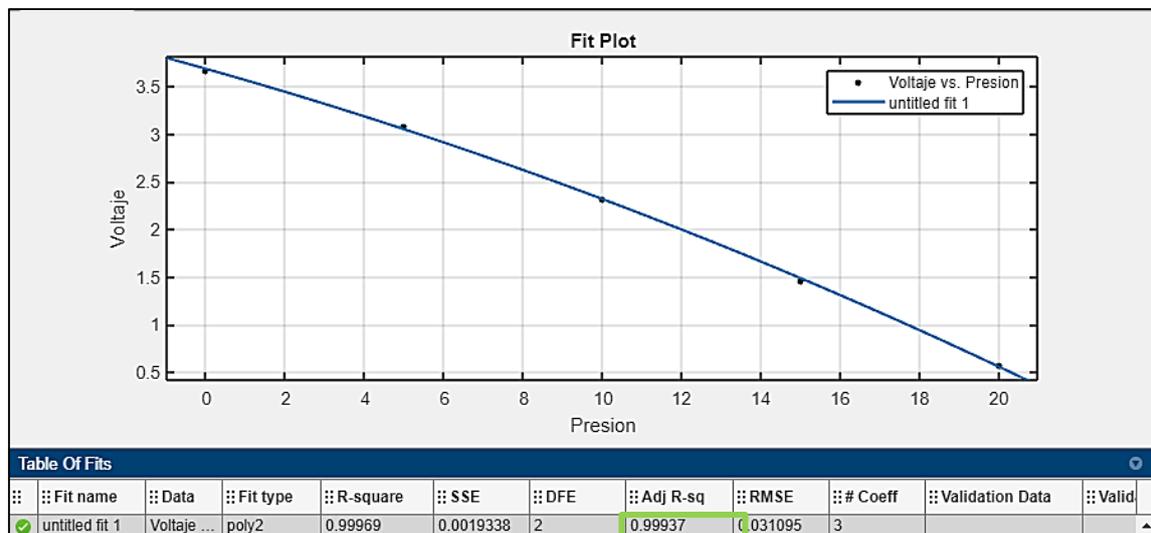
En la Figura 75 se muestra la gráfica de la función característica del sensor MAP (ecuación 8), la cual se ha definido como un polinomio de segundo grado.

$$f(x) = -0.001963x^2 - 0.1171x + 3.684 \quad \text{ec. 8}$$

El ajuste del coeficiente de determinación es de 0.99937, lo cual refleja la fiabilidad del ajuste al modelo matemático.

Figura 75

Función característica del sensor MAP



6.2.3 Caracterización del sensor MAF

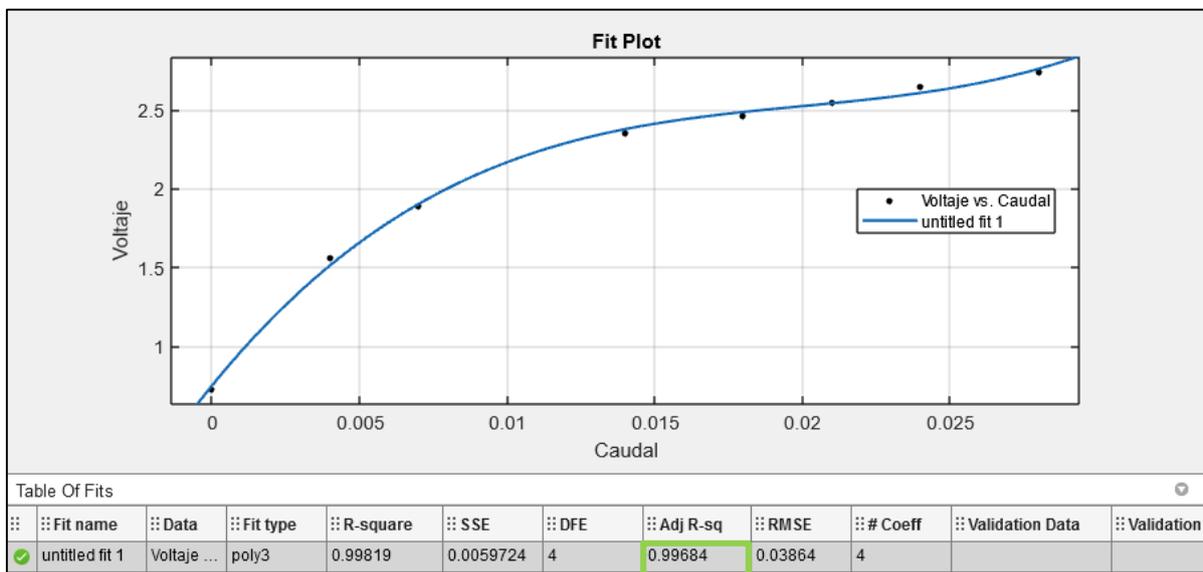
En la Figura 76 se visualiza la gráfica de la función característica del sensor MAF (ecuación 8), la cual se ha definido como un polinomio de tercer grado.

$$f(x) = 1.775 \cdot 10^5 x^3 - 1.062 \cdot 10^4 x^2 + 229.9x + 0.753 \quad \text{ec. 8}$$

El ajuste del coeficiente de determinación es de 0.99684, lo cual expresa una correlación "perfecta" positiva.

Figura 76

Función característica del sensor MAF



6.2.4 Caracterización del sensor IAT

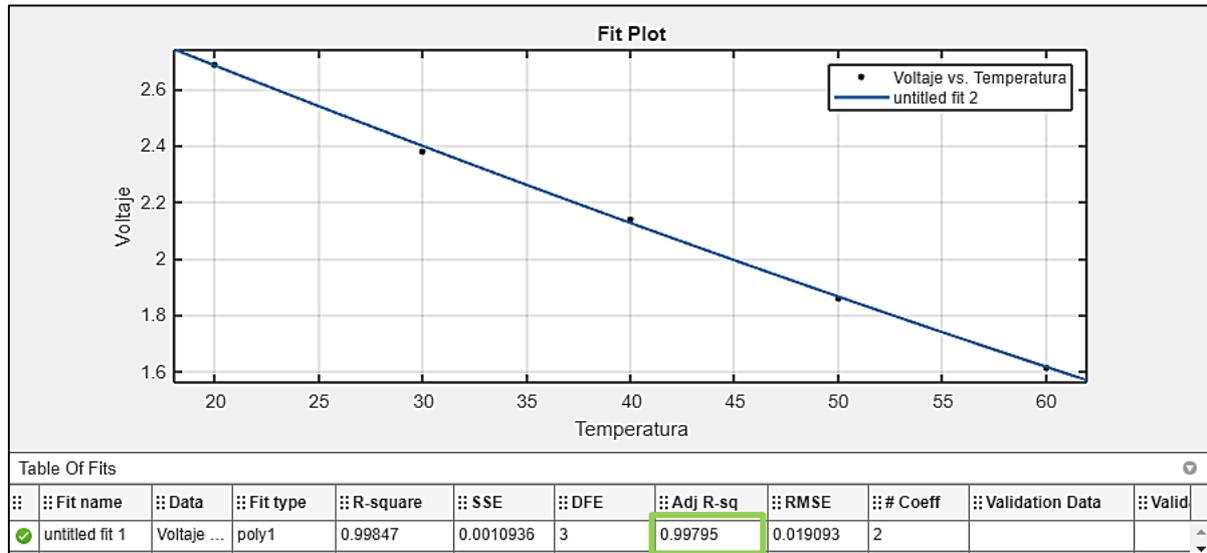
En la Figura 77 se encuentra representada la función característica del sensor IAT (ecuación 9), misma que pertenece a un polinomio de segundo grado.

$$f(x) = 6^{-5} x^2 - 0.03148x + 3.288 \quad \text{ec. 9}$$

El ajuste del coeficiente de determinación obtenido es de 0.99795, lo cual indica que los datos se acoplan de manera adecuada al modelo matemático.

Figura 77

Función característica del sensor IAT

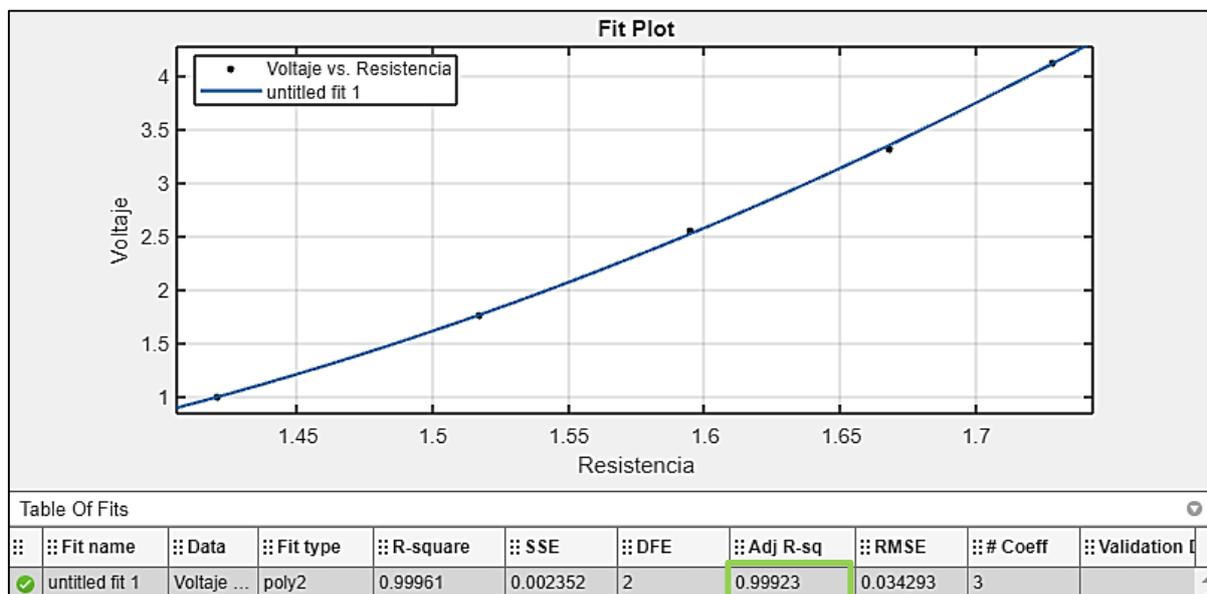


6.2.5 Caracterización del sensor APP

El sensor APP cuenta con dos potenciómetros, de tal manera que se ha caracterizado cada uno de ellos. En la Figura 78 se encuentra representada la función característica de la primera pista resistiva (ecuación 9), y en la Figura 79 se visualiza la función de la segunda pista resistiva (ecuación 10).

Figura 78

Función característica del sensor APP – Pista resistiva 1

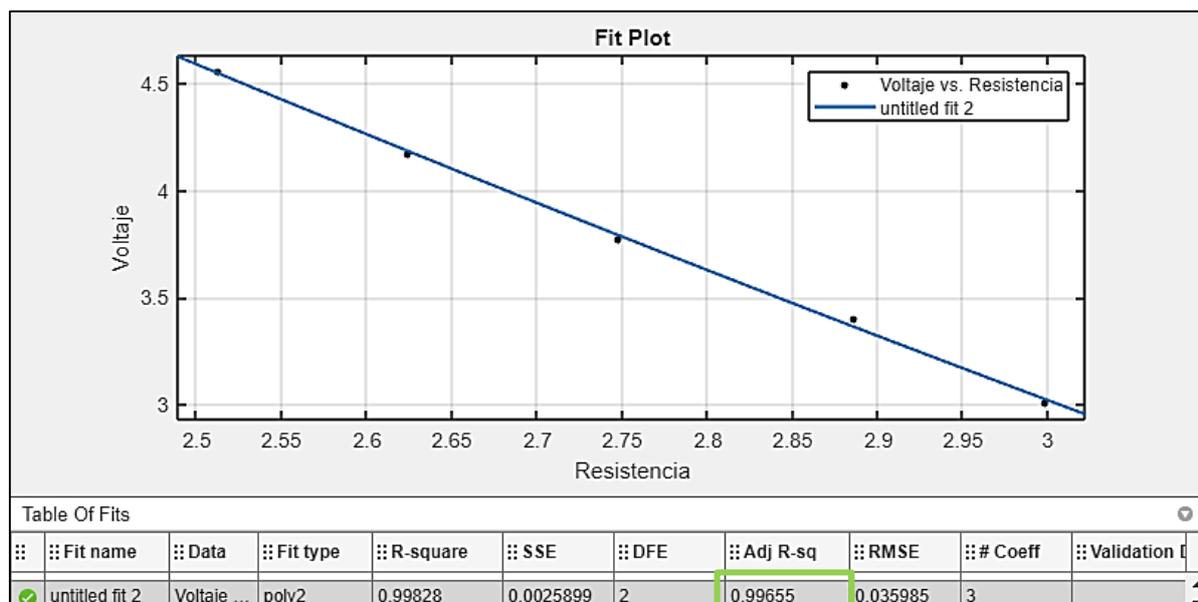


$$f(x) = 10.34x^2 - 22.43x + 11.99$$

ec. 9

Figura 79

Función característica del sensor APP – Pista resistiva 2



$$f(x) = 0.3313x^2 - 4.967x + 14.94$$

ec. 10

El ajuste del coeficiente de determinación obtenido para la ecuación 9 es de 0.99915, mientras que la para la ecuación 10 es de 0.99655, lo cual demuestra fiabilidad en los ajustes matemáticos.

6.2.6 Caracterización del sensor ECT

En la ecuación 10 se encuentra definida la función característica del sensor TPS, la cual pertenece a un polinomio de segundo grado. En la Figura 80 se puede observar la representación gráfica de la misma.

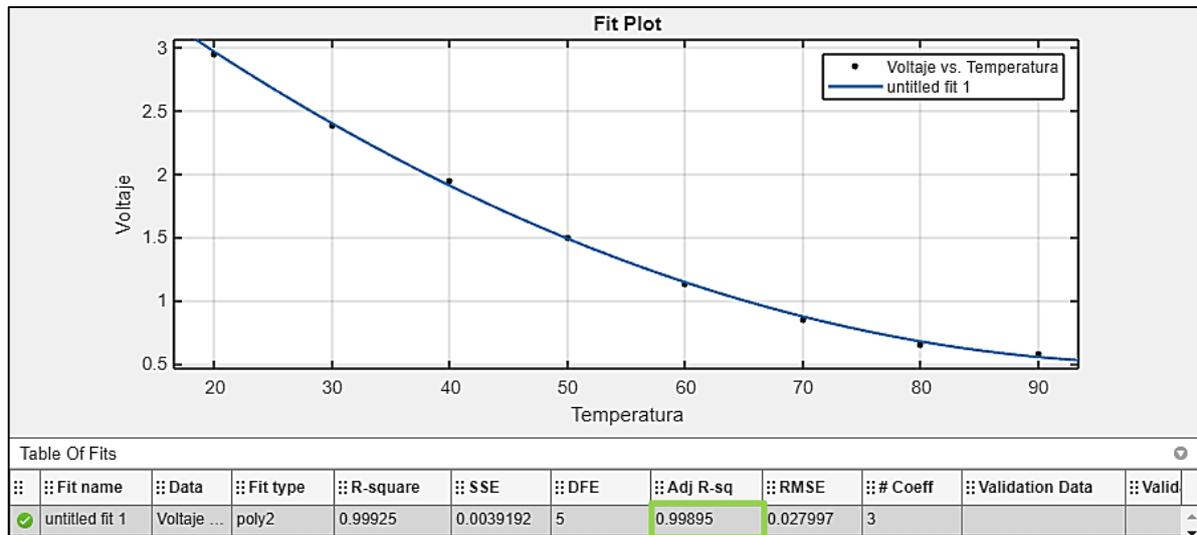
$$f(x) = 0.0003693x^2 + 0.0751x + 4.319$$

ec. 10

El ajuste del coeficiente de determinación obtenido es de 0.99915, siendo así se determina que los datos tienen buen porcentaje de ajuste al modelo matemático.

Figura 80

Función característica del sensor ECT



7. Discusión

Haciendo referencia a los procesos de evaluación para la acreditación de las carreras que realiza el Consejo de Educación Superior (CES), se toma en cuenta el subcriterio 5.3 denominado: Laboratorios/talleres y áreas de práctica, en donde el indicador 5.3.2 evalúa la existencia in situ de herramientas, equipos, bancos didácticas, guías prácticas, etc. Por lo que la construcción de este banco de pruebas y el desarrollo de las guías prácticas promoverá la asignación de una buena calificación. De igual manera, las 9 guías didácticas propuestas contribuyen al desarrollo académico y profesional de los estudiantes, y aportan con el componente práctico experimental de la asignatura de electrónica automotriz, misma que se enmarca dentro de la malla curricular y que forma parte de la unidad profesional.

Además en el tablero del banco didáctico se ha colocado el código QR de cada guía, con el propósito de facilitar el acceso y adaptarse a las nuevas tendencias tecnológicas.

De acuerdo a los datos derivados en la fase de pruebas para cada sensor del banco didáctico, se obtuvieron valores de voltaje y oscilogramas similares a los que muestran los automóviles en tiempo real, e incluso más precisos debido a la ausencia de interferencia electromagnética, que por lo general procede del ruido y vibraciones de los sistemas

auxiliares del vehículo. Es importante señalar que los valores de voltaje que se adquieren de los sensores MAF y MAP no se ajustan adecuadamente a la condición de prueba a plena carga. En el caso del sensor MAF, el caudal de aire generado no equipara a la magnitud física que se obtendría de un automóvil, lo mismo sucede con el sensor MAP, ya que la depresión máxima generada en un motor de combustión interna oscila entre 21-27 in-Hg y el generador de vacío dispuesto en el banco alcanza el valor pico de 20 in-Hg. Sin embargo, los oscilogramas que se consiguen permiten comprender el principio de funcionamiento y evaluar el comportamiento de cada sensor.

La mayoría de bancos de entrenamiento automotriz que se venden en el mercado por lo general son comercializados por empresas anglosajonas y europeas, por ende consideran perfiles antropométricos no aptos para la población latinoamericana, motivo por el cual en algunas ocasiones imposibilita su uso adecuado. Aduciendo al comentario antes expuesto, en el proceso de diseño de este proyecto se ha tomado en consideración las medidas antropométricas regionales del percentil 5 de trabajadores industriales en posición de pie, sexo femenino de 18 a 65 años.

8. Conclusiones

- Se consiguió diseñar y construir el banco didáctico de diagnóstico y caracterización de sensores del automóvil, para el laboratorio de sistemas automotrices; los conocimientos en el área de herramientas CAD, ciencia de los materiales, electrónica, electricidad, seguridad y salud ocupacional impartidos a lo largo de la formación académica se ven reflejados en este proyecto.
- Debido a la importancia de conocer las magnitudes físicas que intervienen sobre los sensores, se ha dotado al banco de algunos instrumentos tales como: medidores de temperatura comandados mediante la placa "Arduino Uno", vacuómetro y anemómetro. Además se ha previsto de métodos adecuados para conocer la posición de los sensores que disponen potenciómetros.

- Para establecer las dimensiones adecuadas del banco didáctico se ha tomado en consideración los datos antropométricos del percentil 5 femenino de trabajadores industriales en posición de pie, con la finalidad de proyectar su uso a la mayor parte de la población.
- El material para construir el banco didáctico fue elegido bajo el método de análisis jerárquico multicriterio AHP, dando como resultado la melamina ya que presenta una mejor relación costo beneficio, en comparación de otras maderas como: MDF, OSB, y Plywood.
- Con la finalidad de garantizar el uso adecuado del banco e instrumentos de medición, alcanzar los resultados del aprendizaje requeridos en el plan de estudios de la carrera de ingeniería automotriz y precautelar la seguridad de los usuarios se ha elaborado un manual de mantenimiento y guías prácticas en donde se detalla el proceso de adquisición de datos y señales características de cada sensor.

9. Recomendaciones

- Se sugiere a los usuarios del banco didáctico, hacer uso de los códigos QR dispuestos en el mismo para acceder a las guías prácticas académicas, con el propósito de cumplir con las políticas ambientales y evitar el uso de recursos naturales no renovables como el papel.
- Incentivar el uso del banco, con el objetivo de consolidar la enseñanza didáctica y pedagógica, afín a los criterios de investigación dentro del proceso teórico – práctico.
- Como propuesta de mejoramiento a este proyecto, se puede dotar al banco de un sistema de conexión mediante la Unidad de Control Electrónica, puesto que, esto permitirá a los estudiantes provocar fallos en los sensores y detectar los códigos de error, por medio de un escáner.
- A futuro se puede considerar la sustitución del cuerpo de aceleración mecánico por uno electrónico, así como otros sensores que emitan señales digitales y estén adaptados a las nuevas tecnologías automotrices.

10. Bibliografía

- Reif, K (Ed.). (2015). *Automotive Mechatronics*. Springer. Doi: 10.1007/978-3-658-03975-2
- Pardiñas, J. (2018). *Sistemas auxiliares del motor, Transporte y mantenimiento de vehículos*. Editex.
- Sánchez, E. (2013). *Sistemas auxiliares del motor*. Macmillan Iberia.
- Cisneros, I. (2015). *Los sensores del automóvil en la práctica*. CRED.
- Chávez Carrillo, Á. R. (2014). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para el análisis de señales de los sensores y actuadores del automóvil por medio de un osciloscopio*. [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3137>
- Pérez Bello, M. A. (2011). *Sistemas Auxiliares del Motor*. Paraninfo.
- Schnubel, M. (2020). *Advanced Engine Performance*. Cengage.
- Medina, A. (2018). *Sensores Automotrices*. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. <https://www.researchgate.net/publication/328808726>
- Rodríguez, J.C.(2012).*Mantenimiento de Sistemas Auxiliares del Motor* .INNOVA.
- González, D. (2015).*Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto*. Paraninfo.
- González, D. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares* .Paraninfo.
- Basshuysen, R. v., & Schäfer, F. (2016). *Internal Combustion Engine Handbook*. Warrendale: SAE International.
- Reif, K. (Ed.). (2015). *Gasoline Engine Management Systems and Components*. Springer. Doi: 10.1007/978-3-658 6 31
- Cunalata, W. M. (2012). Implementación de un Banco de Pruebas para la Unidad de Control Electrónico de Vehículos con Sistemas de Inyección Electrónica para la Escuela de Ingeniería Automotriz. [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3867>
- Ros, J.A y Barrera Ó. (2011). *Sistemas eléctricos y de seguridad y confortabilidad*. Paraninfo.
- Bestratén et al. (2008). *Ergonomía*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Análisis ergonómico de los espacios de trabajo en oficinas. NTP 242. https://www.cnae.com/ficheros/files/prl/ntp_242.pdf

Ávila, R. Prado, L., & González, E. (2007). Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. Universidad de Guadalajara.

Anexos

Anexo 1: Manual de uso y mantenimiento del banco didáctico

Manual de uso y mantenimiento del banco didáctico

Para dar inicio a la práctica se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Seguir las instrucciones indicadas en cada guía práctica.
- Antes de encender el banco didáctico se debe verificar que las perillas dispuestas en los sensores CKP, CMP, IAT, ECT, MAF se encuentren en la posición OFF, con la objetivo de evitar posibles accidentes.
- Manipular cuidadosamente cada uno de los sensores, herramientas de medición y conexiones para evitar ocasionar daños en los mismos.
- Colocar en posición ON las fuentes de poder antes de iniciar el desarrollo de cada práctica académica.
- Verificar voltaje en todos los sistemas del tablero de diagnóstico.
- Durante el funcionamiento de los motores instalados en los sensores CKP y CMP se tiene que tomar en cuenta que al ser motores eléctricos, el giro que va a generar es elevado, por lo cual se recomienda que el uso no exceda los 15 minutos, ya que puede existir recalentamiento.
- Para las mediciones con el multímetro en lo que concierne a resistencias o en Ohmios, desenergizar el banco puesto que si no se lo apaga puede entregar lecturas erróneas.
- Evitar el uso de sustancias corrosivas cerca del tablero, ya que podría provocar deterioro del vinil.

Anexo 2: Guía Práctica 1

ASIGNATURA	ELECTRÓNICA AUTOMOTRIZ
CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	E5,C6,A3
LUGAR DE EJECUCIÓN	Laboratorio de sistemas automotrices
FECHA DE EJECUCIÓN	
FECHA DE ENTREGA	
TIEMPO PLANIFICADO EN EL SÍLABO:	2 horas
TIEMPO DE PRÁCTICA POR GRUPO DE ESTUDIANTES:	2 horas
NÚMERO DE ESTUDIANTES POR GRUPO:	Cuatro grupos de 3 personas
DOCENTE DE LA ASIGNATURA	
RESPONSABLE DE LABORATORIO	Ing. Elmer Arias Montaña

1.-Tema

- CARACTERIZACIÓN Y COMPROBACIÓN DEL SENSOR KNOCK.

2.-Objetivos:

- Identificar los pines del sensor KNOCK a través del uso del multímetro.
- Obtener la curva característica del sensor KNOCK mediante el osciloscopio.

3.- Resultados de aprendizaje

- Caracteriza, explica e interpreta las señales de los sensores del automóvil para diagnosticar posibles fallas mecánicas y electrónicas del vehículo con responsabilidad.

4.- Materiales y reactivos.

- Papel
- Lápiz
- Cámara fotográfica
- Aplicación celular para lector de códigos QR

5.- Equipos y herramientas

Equipos de protección	Herramientas y equipos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mandil ➤ Franela ➤ Gafas de protección ➤ Guantes aislantes 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Banco didáctico de sensores del automóvil ➤ Multímetro ➤ Osciloscopio ➤ Cables con bananas y pinzas cocodrilo. ➤ Martillo pequeño

6.- Instrucciones:

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

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

7.- Marco teórico:

A desarrollar por el estudiante. Utilice sus propias fuentes de consulta que sean confiables, tales como: libros, tesis, artículos, revistas; utilice gráficos o esquemas.

- Principio de funcionamiento
- Tipos de sensores KNOCK
- Curva característica

- Fallas y soluciones comunes
- Códigos de fallas OBD II

8.- Actividades a desarrollar

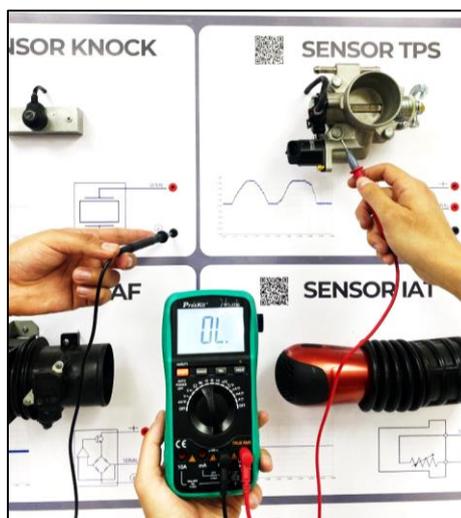
Actividad 1: Identificación de los pines del sensor KNOCK a través del uso del multímetro.

- Reconocer la ubicación del sensor KNOCK , y completar la Tabla 1 que se encuentra en la sección de resultados
- Pin de masa del sensor KNOCK

Ubicar la perilla del multímetro en continuidad, conectar el puntal color negro en GND y el rojo en cualquier punto metálico que esté en contacto con GND, tal como se muestra en la Figura 1. Se debe escuchar la alarma de continuidad para comprobar la puesta a tierra del sensor KNOCK.

Figura 1

Comprobación del pin de masa del sensor KNOCK

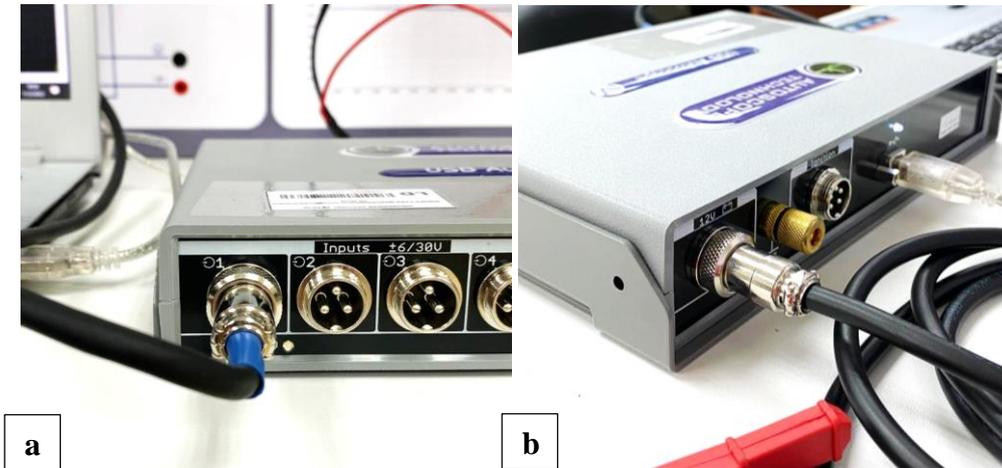


Actividad 2: Obtención de la curva característica del sensor KNOCK mediante el osciloscopio.

- En esta actividad, es necesario el uso del osciloscopio USB Autoscope IV, para ello se debe conectar el cable USB a la computadora, así como también la sonda positiva en el canal 1 del osciloscopio, y el cable de poder en el puerto de 12 V, tal como se observa en la Figura 2.

Figura 2

Conexiones externas del osciloscopio



Nota: a) Conexión de la sonda en el canal 1; b) Cable de poder en el puerto de 12V.

- Posteriormente, la sonda positiva debe ir conectada a SEÑAL y la pinza cocodrilo negativa del cable de poder en GND del sensor, tal como se exhibe en la Figura 3.

Figura 3

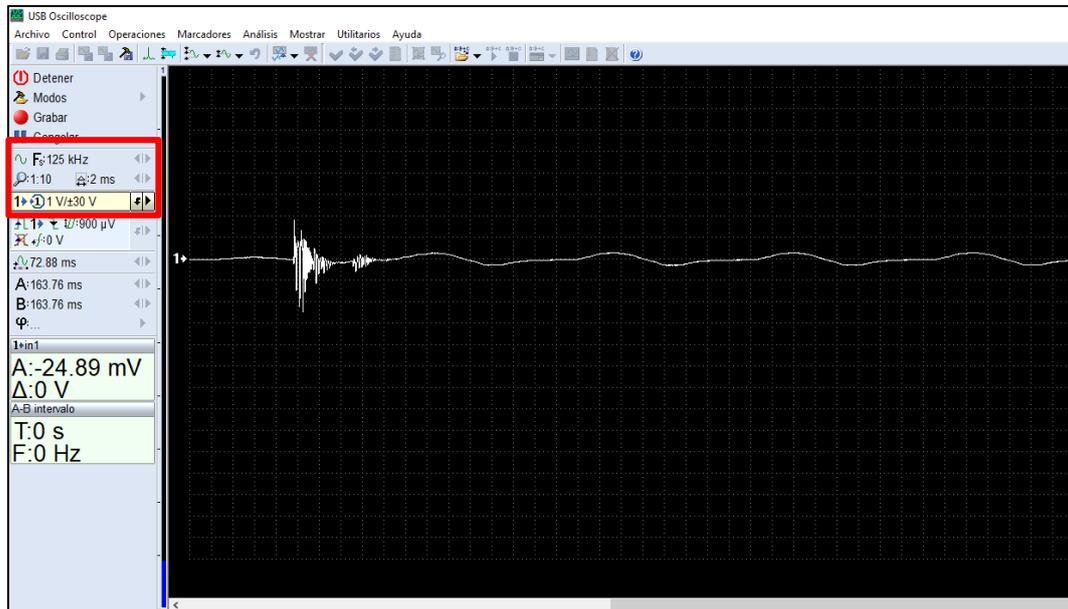
Conexión de los terminales del osciloscopio en el sensor KNOCK



- Se debe configurar el programa USB Oscilloscope con los siguientes parámetros: Frecuencia a 125 KHz – 2 ms y Amplitud a 1 V, como se representa en la Figura 5. Para visualizar la señal del sensor KNOCK es necesario dar un pequeño golpe al perno de sujeción del sensor como se visualiza en la Figura 3.

Figura 4

Disposición del programa USB Oscilloscope



- La señal característica obtenida se adjuntará en la Tabla 2.

9.- Resultados obtenidos

Tabla 1

Identificación del sensor KNOCK en el banco didáctico

Datos		Evidencia fotográfica
Número de pines		

Tabla 2

Señal característica del sensor KNOCK

Señal Obtenida	
Descripción	

10.- Discusión

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

11.- Conclusiones

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

12.- Recomendaciones

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

13.- Preguntas y ejercicios de control

A desarrollar por el estudiante.

1. ¿Por qué el sensor Knock no necesita alimentación?
2. ¿Qué rango de voltaje de salida genera el sensor Knock?
3. ¿Cómo se puede atenuar mecánicamente la señal de salida del sensor Knock?

14.- Bibliografía

(Añada la que crea conveniente a las ya citadas siguiendo el formato expuesto. Tomar en cuenta que la bibliografía que cite debe ser de una fuente confiable, de preferencia utilice libros, artículos, revistas, tesis, entre otras se dota de algunos ejemplos en este apartado)

- Pardiñas, J. Sistemas Auxiliares del motor. 1st ed. Ed. Editex. España, 2017.
- Sánchez, E. Sistemas auxiliares del motor. Macmillan Iberia, 2013.

15.- Porcentaje de participación de los miembros del grupo

(Sírvanse ponderar la participación de todos los integrantes del grupo)

Nombres y Apellidos	Porcentaje de participación

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

Anexo 3: Guía Práctica 2

ASIGNATURA	ELECTRÓNICA AUTOMOTRIZ
CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	E5,C6,A3
LUGAR DE EJECUCIÓN	Laboratorio de sistemas automotrices
FECHA DE EJECUCIÓN	
FECHA DE ENTREGA	
TIEMPO PLANIFICADO EN EL SÍLABO:	2 horas
TIEMPO DE PRÁCTICA POR GRUPO DE ESTUDIANTES:	2 horas
NÚMERO DE ESTUDIANTES POR GRUPO:	Cuatro grupos de 3 personas
DOCENTE DE LA ASIGNATURA	
RESPONSABLE DE LABORATORIO	Ing. Elmer Arias Montaña

1.-Tema

- CARACTERIZACIÓN Y COMPROBACIÓN DEL SENSOR TPS

2.-Objetivos:

- Identificar los pines del sensor TPS a través del uso del multímetro.
- Medir los parámetros de funcionamiento del sensor TPS haciendo uso del multímetro.
- Definir la función y curva característica del sensor TPS a través del software Matlab.
- Obtener la curva característica del sensor TPS mediante el osciloscopio.

3.- Resultados de aprendizaje

- Caracteriza, explica e interpreta las señales de los sensores del automóvil para diagnosticar posibles fallas mecánicas y electrónicas del vehículo con responsabilidad.

4.- Materiales y reactivos.

- Papel
- Lápiz
- Cámara fotográfica
- Aplicación celular para lector de códigos QR

5.- Equipos y herramientas

Equipos de protección	Herramientas y equipos
<ul style="list-style-type: none">➤ Mandil➤ Franela➤ Gafas de protección➤ Guantes aislantes	<ul style="list-style-type: none">➤ Banco didáctico➤ Osciloscopio➤ Multímetro➤ Cables con bananas y pinzas cocodrilo

6.- Instrucciones:

Las siguientes instrucciones están contempladas en el normativo para uso del laboratorio de sistemas automotrices.

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

7.- Marco teórico:

A desarrollar por el estudiante. Utilice sus propias fuentes de consulta que sean confiables, tales como: libros, tesis, artículos, revistas; utilice gráficos o esquemas.

- Principio de funcionamiento
- Tipos de sensores TPS
- Curva característica
- Fallas y soluciones comunes
- Códigos de fallas OBD II

8.- Actividades a desarrollar

Instrucciones para el desarrollo de las actividades

1. Encender el banco didáctico
2. Encender la fuente de alimentación 5V

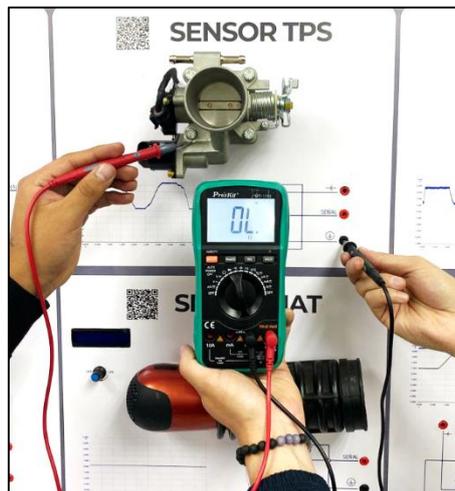
Actividad 1: Identificación de los pines del sensor TPS a través del uso del multímetro.

- Reconocer la ubicación del sensor en el cuerpo de aceleración, y completar la Tabla 1 que se encuentra en la sección de resultados
- Pin de masa del sensor TPS

Ubicar la perilla del multímetro en continuidad, conectar el puntal color negro en GND y el rojo en cualquier punto metálico que esté en contacto con GND, tal como se muestra en la Figura 1. Se debe escuchar la alarma de continuidad para comprobar la puesta a tierra del sensor TPS.

Figura 1

Comprobación del pin de masa del sensor TPS



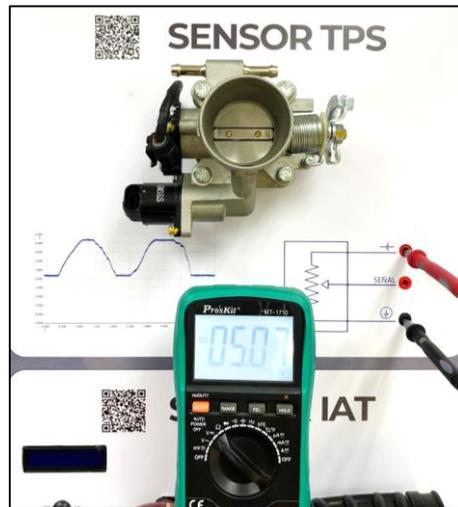
- Pin de alimentación del sensor

Esta actividad consiste en verificar el voltaje de funcionamiento del sensor, para ello es necesario configurar el multímetro a la escala de voltaje continuo, conectar la punta roja del mismo en

ALIMENTACIÓN y la punta negra en GND. En la pantalla se mostrará una lectura de $5V \pm 0.8 V$ DC, tal como se observa en la Figura 2. El valor obtenido deberá ser registrado en la Tabla 2.

Figura 2

Comprobación de pin de alimentación del sensor TPS



- Pin de señal del sensor TPS

Conservando la escala de voltaje continuo, se debe acoplar la punta roja del multímetro en SEÑAL y la punta negra en GND, en la pantalla del mismo se indicará un valor mayor a 0 y menor que 5 ($0 < V < 5$), tal como se expone en la Figura 3.

Figura 3

Comprobación de pin de señal del sensor TPS



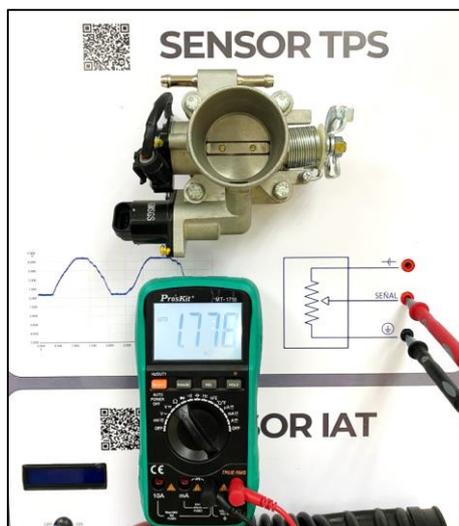
Actividad 2: Medición de los parámetros de funcionamiento del sensor TPS haciendo uso del multímetro.

- Valores de resistencia respecto a la apertura del sensor TPS

Con la fuente de alimentación apagada y desconectada del sensor TPS se procede a medir la resistencia, para ello se debe colocar la punta roja del multímetro en SEÑAL y la punta negra en GND, tal como se muestra en la Figura 4, asimismo, debe referirse a la Tabla 3 con el propósito de cumplir los parámetros solicitados.

Figura 4

Verificación de resistencia de sensor TPS



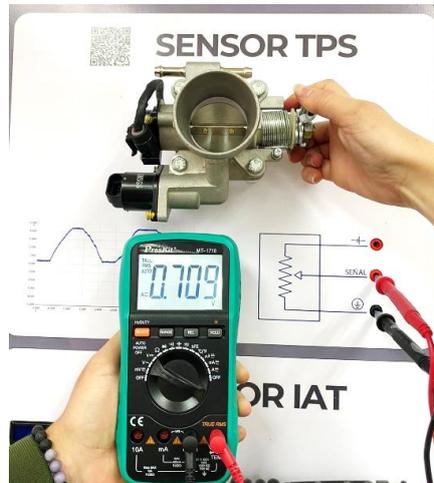
Los porcentajes de apertura presentados en la Tabla 3, se obtienen mediante la relación directamente proporcional, es decir, se puede medir la resistencia mínima cuando la mariposa esté completamente cerrada, la máxima cuando está totalmente abierta, y con ello calcular el rango de trabajo de la pista del potenciometro. Una vez obtenido dichos valores, se aplica una regla de tres de acuerdo a los grados intermedios de apertura requeridos.

- Valores de voltaje respecto a la apertura del sensor TPS

Manteniendo los terminales del multímetro, tal como se observa en la Figura 5 se debe hacer variar la posición de la mariposa hasta llegar a los valores de resistencia obtenidos en la Tabla 3, luego se procede a conectar el sensor TPS a la fuente de alimentación para obtener el voltaje de acuerdo al grado de apertura según corresponda.

Figura 5

Verificación de voltaje de salida del sensor TPS



- Los datos de voltaje conseguidos deberán ser registrados en la Tabla 4 de la sección de resultados.

Actividad 3: Definición de la función y curva característica del sensor TPS a través del software Matlab.

Los valores obtenidos en la Tabla 4 se escriben como vectores, para cada una de las variables, en la ventana de programación del software *Matlab*, tal como se muestra en la Figura 6, asimismo con ayuda del comando *cftool* se grafican los datos para obtener la ecuación característica.

Figura 6

Código de Programación para la obtención de la función del sensor TPS

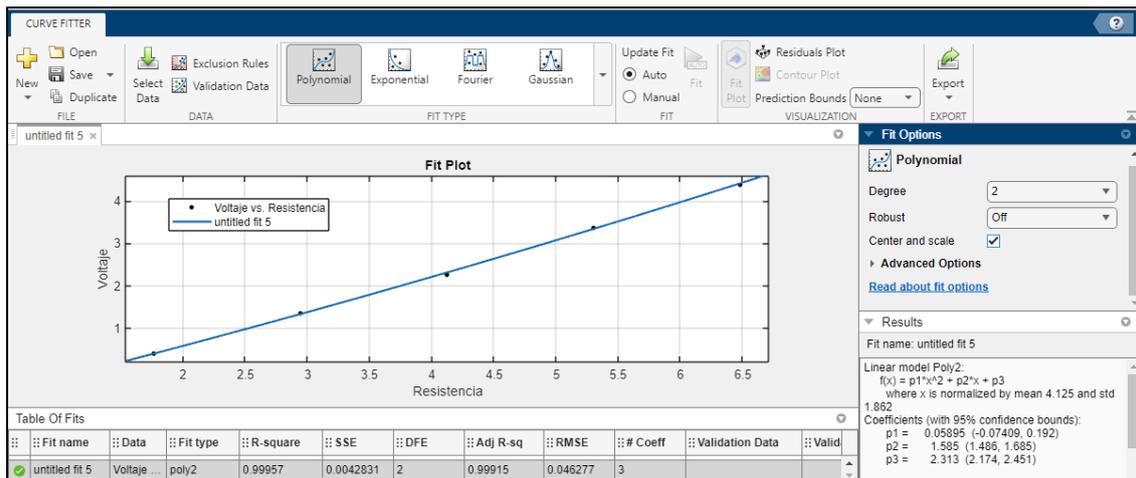
```
1 %Ingresar los datos obtenidos del sensor tps para obtener la función
2 Voltaje=[0.399, 1.355, 2.269, 3.378, 4.40];
3 Resistencia=[1.77, 2.947, 4.125, 5.302, 6.48];
4 cftool( Resistencia, Voltaje)
```

Name	Value	Size	Class
ans	1x1 Sessio...	1x1	com.matl
Resiste...	[1.7700, 2.9...	1x5	double
Voltaje	[0.3990, 1.3...	1x5	double

Una vez ejecutado el código se abrirá la ventana *Curve Filter*, tal como se muestra en la Figura 7. Para obtener la función del sensor ECT se realiza el ajuste polinomial de acuerdo al coeficiente de determinación R^2 (lo más cercano a 1). En la sección de *Results* se obtendrán los coeficientes de la función matemática.

Figura 7

Gráfica de Resistencia vs Voltaje y obtención de la función del sensor TPS

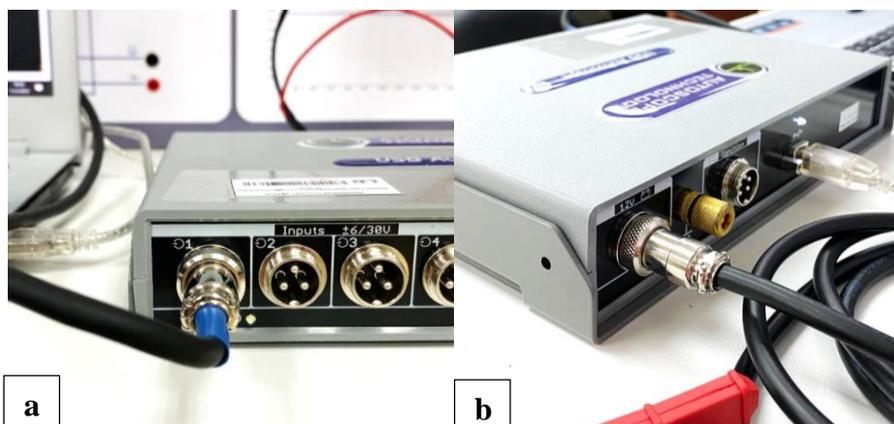


- La grafica y ecuación obtenidas en el software Matlab se adjuntará en la Tabla 5.

Actividad 4: Obtención de la curva característica del sensor TPS mediante el osciloscopio.

- En esta actividad, es necesario el uso del osciloscopio USB Autoscope IV, para ello se debe conectar el cable USB a la computadora, así como la sonda positiva en el canal 1 del osciloscopio, y el cable de poder en el puerto de 12 V, tal como se observa en la Figura 8.

Figura 8

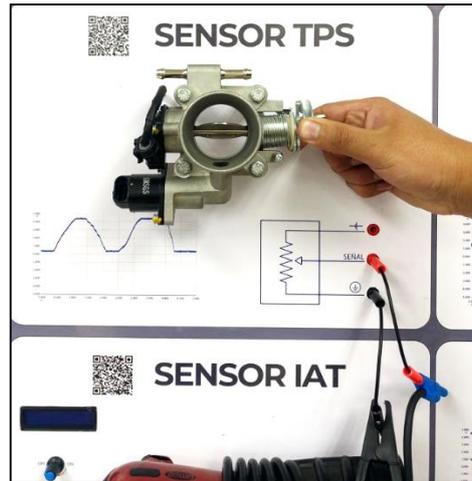


a) Conexión de la sonda en el canal 1; b) Cable de poder en el puerto de 12V.

- Posteriormente, la sonda positiva debe ir conectada a SEÑAL y la pinza cocodrilo negativa del cable de poder en GND del sensor, tal como se exhibe en la Figura 9.

Figura 9

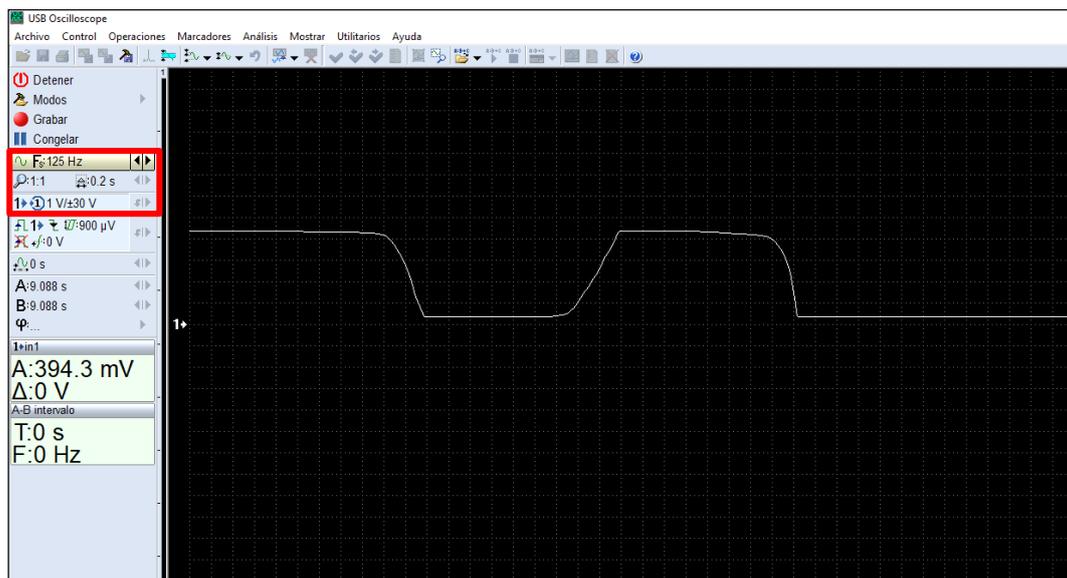
Conexión de los terminales del osciloscopio en el sensor TPS



- Se debe configurar el programa USB Oscilloscope con los siguientes parámetros: Frecuencia a 125 Hz – 0.2 s y Amplitud a 1 V, como se representa en la Figura 10. Para visualizar la señal del sensor TPS es necesario modificar la posición de la mariposa.

Figura 10

Disposición del programa USB Oscilloscope



- La señal característica obtenida se adjuntará en la Tabla 6.

9.- Resultados obtenidos

Tabla 1

Identificación del sensor TPS en el banco didáctico

Datos		Evidencia fotográfica
Número de pines		

Tabla 2

Medición de voltaje de alimentación del sensor TPS

Datos		Evidencia fotográfica
Voltaje de alimentación		

Tabla 3

Valores de resistencia respecto a la apertura del sensor TPS

Posición de la mariposa	Valor de resistencia
Cerrada	
25 %	
50 %	
75 %	
Totalmente abierta	

Tabla 4

Valores de voltaje respecto a la apertura del sensor TPS.

Valor de resistencia	Valor de voltaje

Tabla 5

Caracterización del sensor TPS

Ecuación Obtenida	
Gráfica	

Tabla 6

Señal característica del sensor TPS

Señal Obtenida	
Descripción	

10.- Discusión

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

11.- Conclusiones

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

12.- Recomendaciones

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

13.- Preguntas y ejercicios de control

A desarrollar por el estudiante.

- ¿Por qué se apaga y desconecta la fuente del sensor TPS para medir la resistencia?
- ¿Qué sucede si la señal del sensor TPS muestra valores de 0V o 5V?
- ¿Cuál es la corriente máxima que circula por el sensor?
- ¿Qué sucede cuando la pista del potenciómetro se encuentra desgastada?

14.- Bibliografía

(Añada la que crea conveniente a las ya citadas siguiendo el formato expuesto. Tomar en cuenta que la bibliografía que cite debe ser de una fuente confiable, de preferencia utilice libros, artículos, revistas, tesis, entre otras se dota de algunos ejemplos en este apartado)

- Pardiñas, J. Sistemas Auxiliares del motor. 1st ed. Ed. Editex. España, 2017.

- Sánchez, E. Sistemas auxiliares del motor. Macmillan Iberia, 2013.

15.- Porcentaje de participación de los miembros del grupo

(Sírvanse ponderar la participación de todos los integrantes del grupo)

Nombres y Apellidos	Porcentaje de participación

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

Anexo 4: Guía Práctica 3

ASIGNATURA	ELECTRÓNICA AUTOMOTRIZ
CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	E5,C6,A3
LUGAR DE EJECUCIÓN	Laboratorio de sistemas automotrices
FECHA DE EJECUCIÓN	
FECHA DE ENTREGA	
TIEMPO PLANIFICADO EN EL SÍLABO:	2 horas
TIEMPO DE PRÁCTICA POR GRUPO DE ESTUDIANTES:	2 horas
NÚMERO DE ESTUDIANTES POR GRUPO:	Cuatro grupos de 3 personas
DOCENTE DE LA ASIGNATURA	
RESPONSABLE DE LABORATORIO	Ing. Elmer Arias Montaña

1.-Tema

- CARACTERIZACIÓN Y COMPROBACIÓN DEL SENSOR MAP

2.-Objetivos:

- Identificar los pines del sensor MAP a través del uso del multímetro.
- Medir los parámetros de funcionamiento del sensor MAP haciendo uso del multímetro.
- Definir la función y curva característica del sensor MAP a través del software Matlab.
- Obtener la curva característica del sensor MAP mediante el osciloscopio.

3.- Resultados de aprendizaje

- Caracteriza, explica e interpreta las señales de los sensores del automóvil para diagnosticar posibles fallas mecánicas y electrónicas del vehículo con responsabilidad.

4.- Materiales y reactivos.

- Papel
- Lápiz
- Cámara fotográfica
- Aplicación celular para lector de códigos QR

5.- Equipos y herramientas

Equipos de protección	Herramientas y equipos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mandil ➤ Franela ➤ Gafas de protección ➤ Guantes aislantes 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Banco didáctico ➤ Osciloscopio ➤ Multímetro ➤ Cables con bananas y pinzas cocodrilo

6.- Instrucciones:

Las siguientes instrucciones están contempladas en el normativo para uso del laboratorio de sistemas automotrices.

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

7.- Marco teórico:

A desarrollar por el estudiante. Utilice sus propias fuentes de consulta que sean confiables, tales como: libros, tesis, artículos, revistas; utilice gráficos o esquemas.

- Principio de funcionamiento
- Tipos de sensores MAP
- Curva característica
- Fallas y soluciones comunes
- Códigos de fallas OBD II

8.- Actividades a desarrollar

Instrucciones para el desarrollo de las actividades

1. Encender el banco didáctico
2. Encender la fuente de alimentación 5V

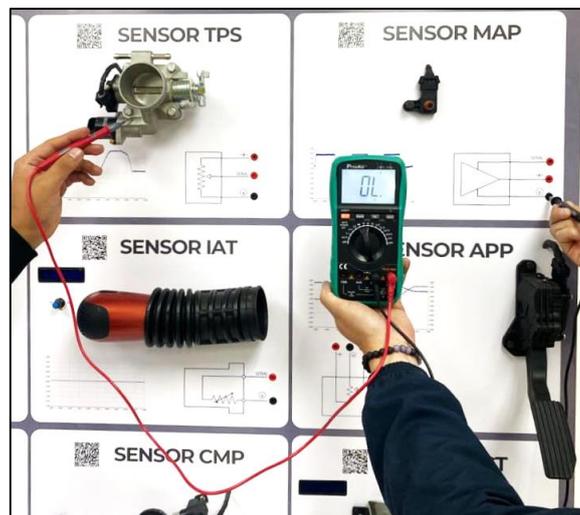
Actividad 1: Identificación de los pines del sensor MAP a través del uso del multímetro.

- Reconocer la ubicación del sensor en el tablero, y completar la Tabla 1 que se encuentra en la sección de resultados.
- Pin de masa del sensor MAP

Ubicar la perilla del multímetro en continuidad, conectar el puntal color negro en GND y el rojo en cualquier punto metálico que esté en contacto con GND, tal como se muestra en la Figura 1. Se debe escuchar la alarma de continuidad para comprobar la puesta a tierra del sensor MAP.

Figura 1

Comprobación del pin de masa del sensor MAP



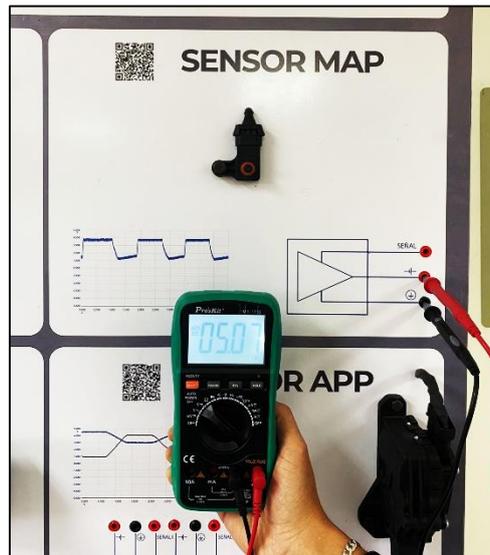
- Pin de alimentación del sensor MAP

Esta actividad consiste en verificar el voltaje de funcionamiento del sensor, para ello es necesario configurar el multímetro a la escala de voltaje continuo, conectar la punta roja del mismo en

ALIMENTACIÓN y la punta negra en GND. En la pantalla se mostrará una lectura de $5V \pm 0.8 V DC$, tal como se observa en la Figura 2. El valor obtenido deberá ser registrado en la Tabla 2.

Figura 2

Comprobación del pin de alimentación del sensor MAP

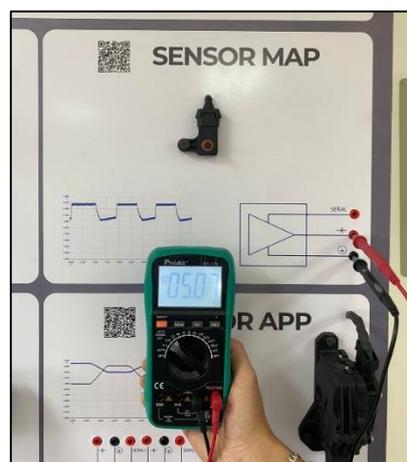


- Pin de señal del sensor MAP

Conservando la escala de voltaje continuo, se debe acoplar la punta roja del multímetro en SEÑAL y la punta negra en GND, en la pantalla del mismo se indicará un valor mayor a 0 y menor que 5 ($0 < V < 5$), tal como se expone en la Figura 3. El valor obtenido deberá ser registrado en la Tabla 2.

Figura 3

Comprobación del pin de señal del sensor MAP



Actividad 2: Medición de los parámetros de funcionamiento del sensor MAP haciendo uso del multímetro.

- Valores de voltaje del sensor MAP respecto a la presión

Disponer el multímetro a la escala de voltaje continuo, conectar la punta roja del mismo en ALIMENTACIÓN y la punta negra en GND, tal como se observa en la Figura 4, luego se debe accionar el actuador del vacuómetro hasta conseguir cada uno de los valores indicados en la Tabla 3. Los valores de voltaje obtenidos deberán ser registrados en la tabla antes mencionada.

Figura 4

Verificación de voltaje de salida del sensor MAP

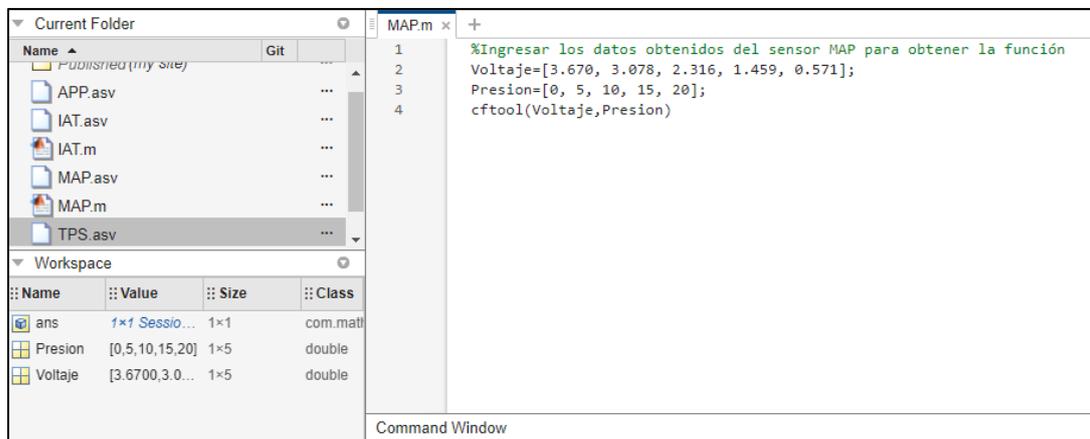


Actividad 3: Definición de la función y curva característica del sensor MAP a través del software Matlab.

- Los valores obtenidos en la Tabla 4 se escriben como vectores, para cada una de las variables, en la ventana de programación del software *Matlab*, tal como se muestra en la Figura 5, asimismo con ayuda del comando *cftool* se grafican los datos para obtener la ecuación característica.

Figura 5

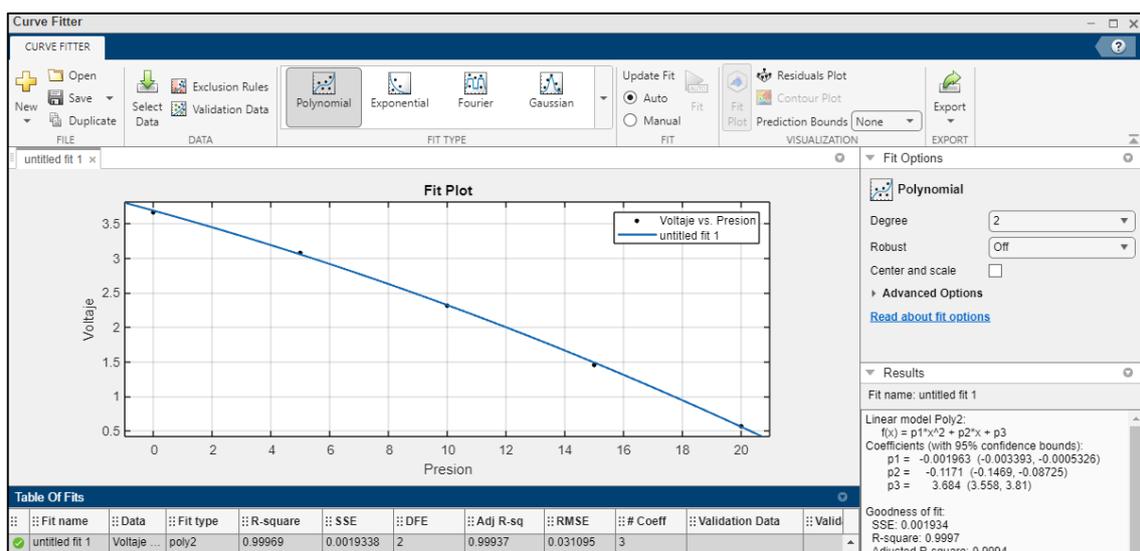
Código de Programación para la obtención de la función del sensor MAP



- Una vez ejecutado el código se abrirá la ventana *Curve Filter*, tal como se muestra en la Figura 6 Para obtener la función del sensor MAP se realiza el ajuste polinomial de acuerdo al coeficiente de determinación R^2 (lo más cercano a 1). En la sección de *Results* se obtendrán los coeficientes de la función matemática.

Figura 6

Gráfica de Resistencia vs Voltaje y obtención de la función del sensor MAP

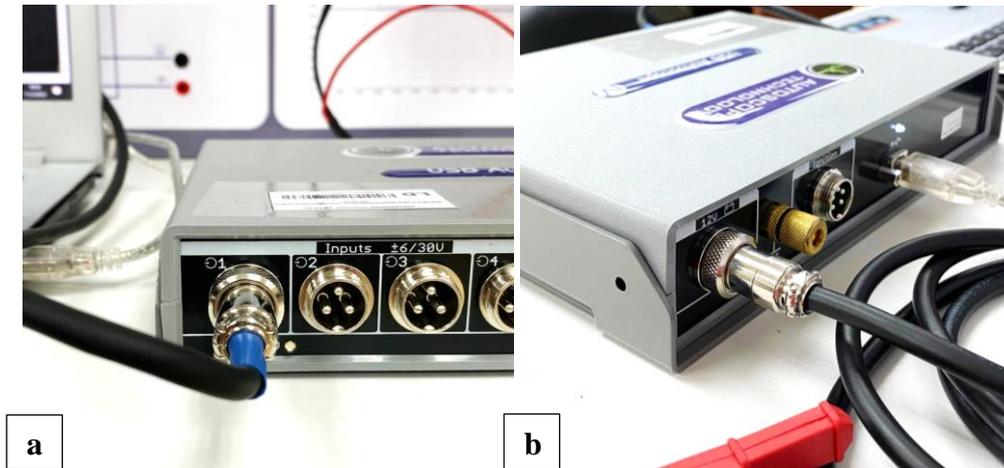


- La grafica y ecuación obtenidas en el software Matlab se adjuntará en la Tabla 4.

Actividad 4: Obtención de la curva característica del sensor MAP mediante el osciloscopio.

- En esta actividad, es necesario el uso del osciloscopio USB Autoscope IV, para ello se debe conectar el cable USB a la computadora, así como también la sonda positiva en el canal 1 del osciloscopio, y el cable de poder en el puerto de 12 V, tal como se observa en la Figura 7.

Figura 7



a

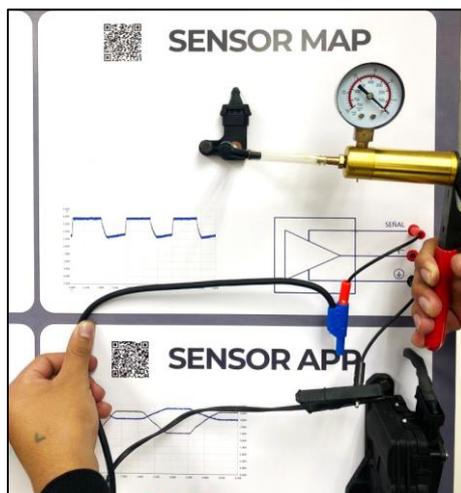
b

Nota: a) Conexión de la sonda en el canal 1; b) Cable de poder en el puerto de 12V

- Posteriormente, la sonda positiva debe ir conectada a SEÑAL y la pinza cocodrilo negativa del cable de poder en GND del sensor, tal como se exhibe en la Figura 8.

Figura 8

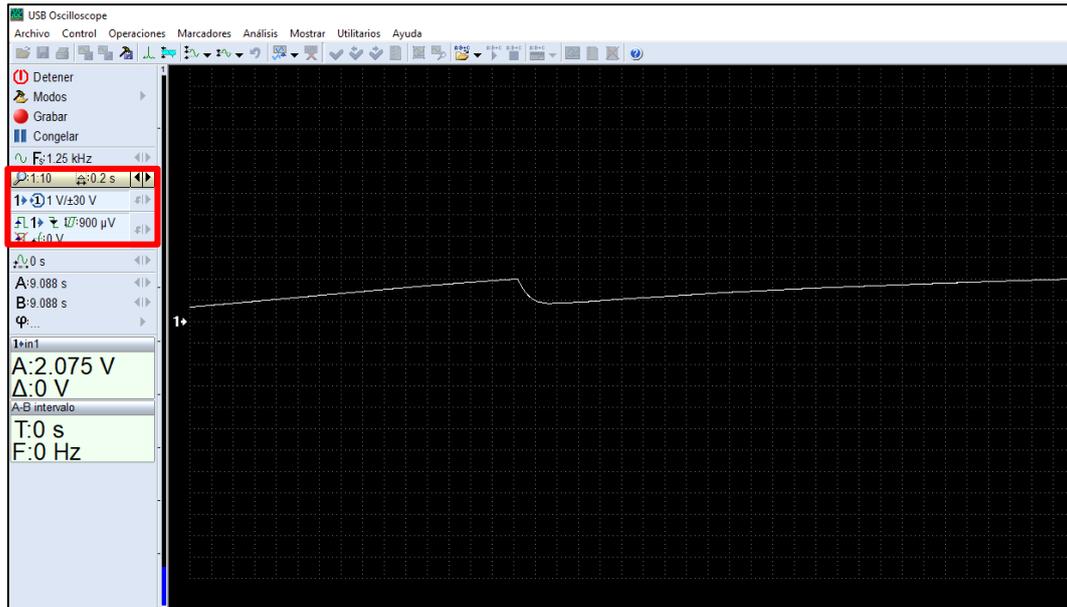
Conexión de los terminales del osciloscopio en el sensor MAP



- Se debe configurar el programa USB Oscilloscope con los siguientes parámetros: Frecuencia a 125 Hz – 0.2 s y Amplitud a 1 V, como se representa en la Figura 9. Para visualizar la señal se debe conectar el vacuómetro y accionar el mismo, de tal manera que la presión vaya cambiando.

Figura 9

Disposición del programa USB Oscilloscope



- La señal característica obtenida se adjuntará en la Tabla 5.

9.- Resultados obtenidos

Tabla 1

Identificación del sensor MAP en el banco didáctico

Número de pines	
Evidencia fotográfica	

Tabla 2

Medición de voltaje de alimentación del sensor MAP

Voltaje de alimentación	
Evidencia Fotográfica	

Tabla 3*Valores de voltaje del sensor MAP respecto a la presión*

Presión [in Hg]	0	5	10	15	20
Voltaje					

Tabla 4*Caracterización del sensor MAP*

Ecuación Obtenida	
Gráfica	

Tabla 5*Señal característica del sensor MAP*

Señal Obtenida	
Descripción	

10.- Discusión

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

11.- Conclusiones

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

12.- Recomendaciones

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

13.- Preguntas y ejercicios de control

A desarrollar por el estudiante.

1. ¿A menor depresión detectada por el sensor MAP el voltaje de salida aumenta o disminuye?
2. ¿Cuál es el valor de voltaje generado por el sensor MAP cuándo el vacuometro alcanza la depresión máxima?

3. ¿Qué sucedería si la membrana del sensor MAP sufre una ruptura?

14.- Bibliografía

(Añada la que crea conveniente a las ya citadas siguiendo el formato expuesto. Tomar en cuenta que la bibliografía que cite debe ser de una fuente confiable, de preferencia utilice libros, artículos, revistas, tesis, entre otras se dota de algunos ejemplos en este apartado)

- Pardiñas, J. Sistemas Auxiliares del motor. 1st ed. Ed. Editex. España, 2017.
- Sánchez, E. Sistemas auxiliares del motor. Macmillan Iberia, 2013.

15.- Porcentaje de participación de los miembros del grupo

(Sírvanse ponderar la participación de todos los integrantes del grupo)

Nombres y Apellidos	Porcentaje de participación

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

Anexo 5: Guía Práctica 4

ASIGNATURA	ELECTRÓNICA AUTOMOTRIZ
CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	E5,C6,A3
LUGAR DE EJECUCIÓN	Laboratorio de sistemas automotrices
FECHA DE EJECUCIÓN	
FECHA DE ENTREGA	
TIEMPO PLANIFICADO EN EL SÍLABO:	2 horas
TIEMPO DE PRÁCTICA POR GRUPO DE ESTUDIANTES:	2 horas
NÚMERO DE ESTUDIANTES POR GRUPO:	Cuatro grupos de 3 personas
DOCENTE DE LA ASIGNATURA	
RESPONSABLE DE LABORATORIO	Ing. Elmer Arias Montaña

1.-Tema

- CARACTERIZACIÓN Y COMPROBACIÓN DEL SENSOR MAF

2.-Objetivos:

- Identificar los pines del sensor MAF a través del uso del multímetro.
- Medir los parámetros de funcionamiento del sensor MAF haciendo uso del multímetro.
- Definir la función y curva característica del sensor MAF a través del software Matlab.
- Obtener la curva característica del sensor MAF mediante el osciloscopio.

3.- Resultados de aprendizaje

- Caracteriza, explica e interpreta las señales de los sensores del automóvil para diagnosticar posibles fallas mecánicas y electrónicas del vehículo con responsabilidad.

4.- Materiales y reactivos.

- Papel
- Lápiz
- Cámara fotográfica
- Aplicación celular para lector de códigos QR

5.- Equipos y herramientas

Equipos de protección	Herramientas y equipos
<ul style="list-style-type: none">➤ Mandil➤ Franela➤ Gafas de protección➤ Guantes aislantes	<ul style="list-style-type: none">➤ Banco didáctico➤ Osciloscopio➤ Multímetro➤ Anemómetro➤ Cables con bananas y pinzas cocodrilo

6.- Instrucciones:

Las siguientes instrucciones están contempladas en el normativo para uso del laboratorio de sistemas automotrices.

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

7.- Marco teórico:

A desarrollar por el estudiante. Utilice sus propias fuentes de consulta que sean confiables, tales como: libros, tesis, artículos, revistas; utilice gráficos o esquemas.

- Principio de funcionamiento
- Tipos de sensores MAF
- Curva característica

- Fallas y soluciones comunes
- Códigos de fallas OBD II

8.- Actividades a desarrollar

Instrucciones para el desarrollo de las actividades

3. Encender el banco didáctico
4. Encender la fuente de alimentación 12V

Actividad 1: Identificación de los pines del sensor MAF a través del uso del multímetro.

- Reconocer la ubicación del sensor en el tablero, y completar la Tabla 1 que se encuentra en la sección de resultados.
- Pin de masa del sensor MAF

Ubicar la perilla del multímetro en continuidad, conectar el puntal color negro en GND y el rojo en cualquier punto metálico que esté en contacto con GND, tal como se muestra en la Figura 1. Se debe escuchar la alarma de continuidad para comprobar la puesta a tierra del sensor MAF.

Figura 1

Comprobación del pin de masa del sensor MAF



- Pin de alimentación del sensor MAF

Esta actividad consiste en verificar el voltaje de funcionamiento del sensor, para ello es necesario configurar el multímetro a la escala de voltaje continuo, conectar la punta roja del mismo en ALIMENTACIÓN y la punta negra en GND. En la pantalla se mostrará una lectura de $12V \pm 0.4 V$ DC, tal como se observa en la Figura 2. El valor obtenido deberá ser registrado en la Tabla 2.

Figura 2

Comprobación del pin de alimentación del sensor MAF

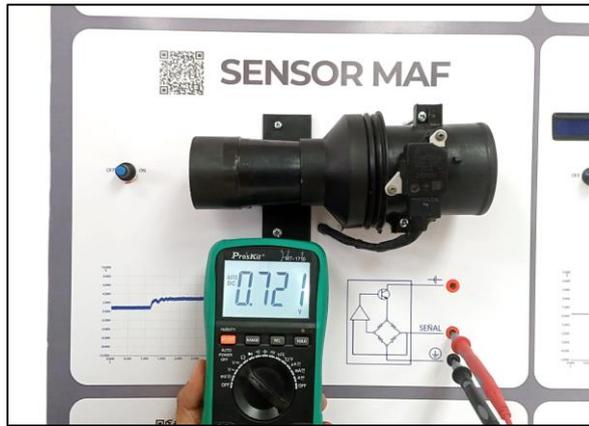


- Pin de señal del sensor MAF

Conservando la escala de voltaje continuo, se debe acoplar la punta roja del multímetro en SEÑAL y la punta negra en GND, en la pantalla del mismo se indicará un valor mayor a 0 y menor que 5 ($0 < V < 5$), tal como se expone en la Figura 3. El valor obtenido deberá ser registrado en la Tabla 2.

Figura 3

Comprobación del pin de señal del sensor MAF



Actividad 2: Medición de los parámetros de funcionamiento del sensor MAF haciendo uso del multímetro.

- Valores de voltaje del sensor MAF respecto a la presión

Disponer el multímetro a la escala de voltaje continuo, conectar la punta roja del mismo en ALIMENTACIÓN, la punta negra en GND, y colocar el anemómetro a la salida del canal, tal como se observa en la Figura 4, luego se debe mover progresivamente la perilla que comanda el ventilador hasta conseguir las condiciones de velocidad indicadas en la Tabla 3. Los valores de voltaje y de velocidad medidos deberán ser registrados para posteriormente calcular el caudal de acuerdo a la formula expuesta en la tabla antes mencionada.

Figura 4

Verificación de voltaje de salida del sensor MAF

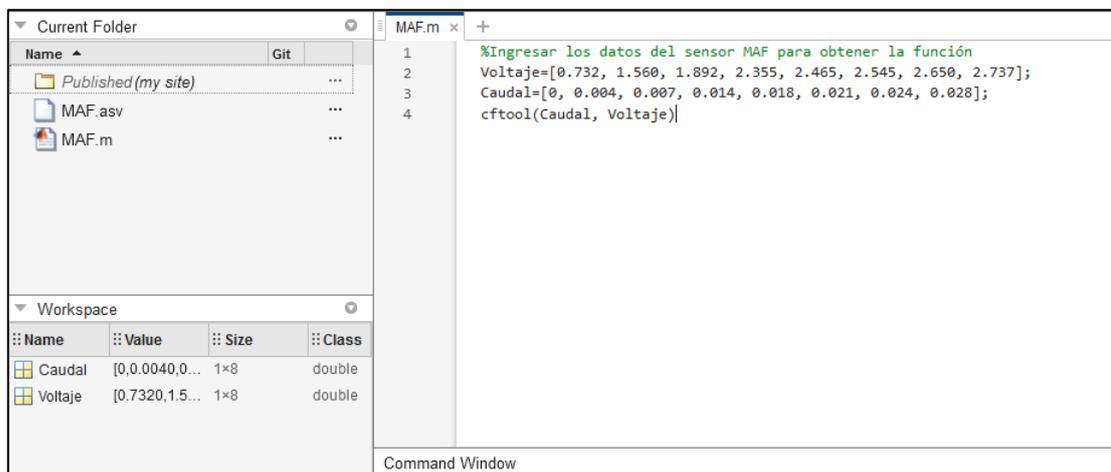


Actividad 3: Definición de la función y curva característica del sensor MAF a través del software Matlab.

- Los valores obtenidos en la Tabla 4 se escriben como vectores, para cada una de las variables, en la ventana de programación del software *Matlab*, tal como se muestra en la Figura 5, asimismo con ayuda del comando *cftool* se grafican los datos para obtener la ecuación característica.

Figura 5

Código de Programación para la obtención de la función del sensor MAF



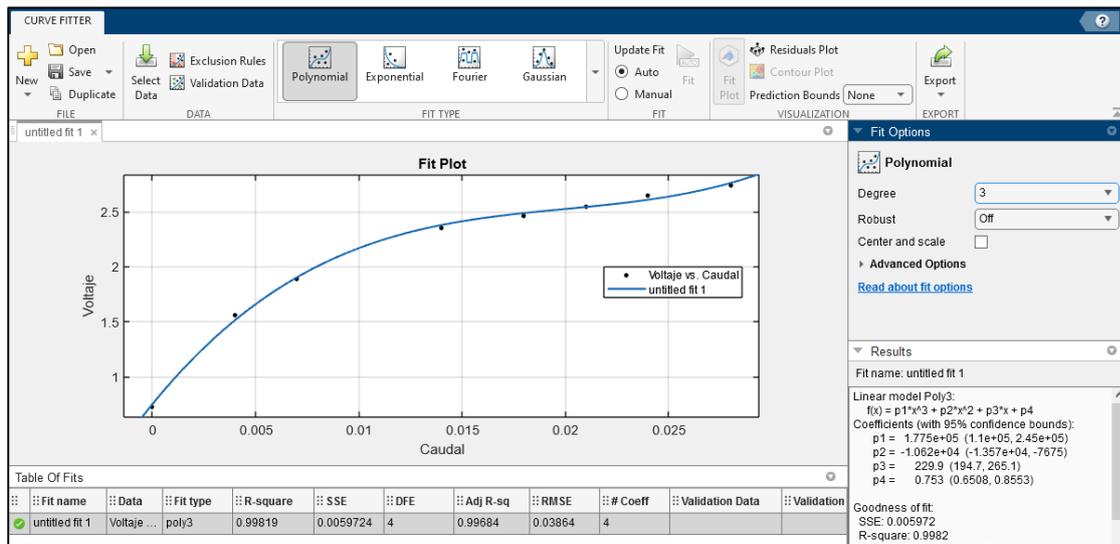
```
1 %Ingresar los datos del sensor MAF para obtener la función
2 Voltaje=[0.732, 1.560, 1.892, 2.355, 2.465, 2.545, 2.650, 2.737];
3 Caudal=[0, 0.004, 0.007, 0.014, 0.018, 0.021, 0.024, 0.028];
4 cftool(Caudal, Voltaje)
```

Name	Value	Size	Class
Caudal	[0.0040,0...]	1×8	double
Voltaje	[0.7320,1.5...]	1×8	double

- Una vez ejecutado el código se abrirá la ventana *Curve Filter*, tal como se muestra en la Figura 6 Para obtener la función del sensor MAF se realiza el ajuste polinomial de acuerdo al coeficiente de determinación R^2 (lo más cercano a 1). En la sección de *Results* se obtendrán los coeficientes de la función matemática.

Figura 6

Gráfica de Resistencia vs Voltaje y obtención de la función del sensor MAF

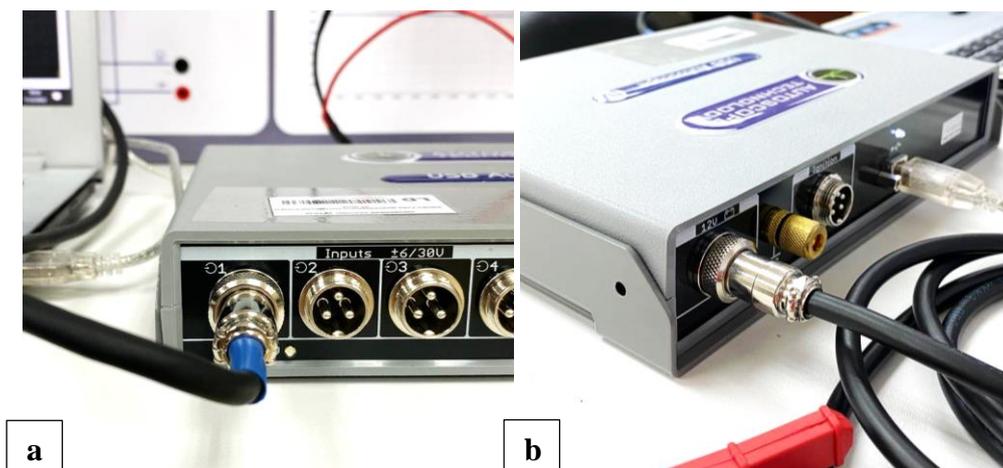


- La grafica y ecuación obtenidas en el software Matlab se adjuntará en la Tabla 4.

Actividad 4: Obtención de la curva característica del sensor MAF mediante el osciloscopio.

- En esta actividad, es necesario el uso del osciloscopio USB Autoscope IV, para ello se debe conectar el cable USB a la computadora, así como también la sonda positiva en el canal 1 del osciloscopio, y el cable de poder en el puerto de 12 V, tal como se observa en la Figura 7.

Figura 7

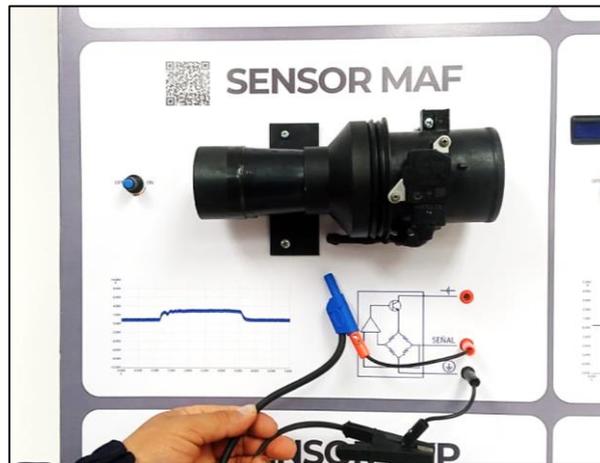


Nota: a) Conexión de la sonda en el canal 1; b) Cable de poder en el puerto de 12V

- Posteriormente, la sonda positiva debe ir conectada a SEÑAL y la pinza cocodrilo negativa del cable de poder en GND del sensor, tal como se exhibe en la Figura 8.

Figura 8

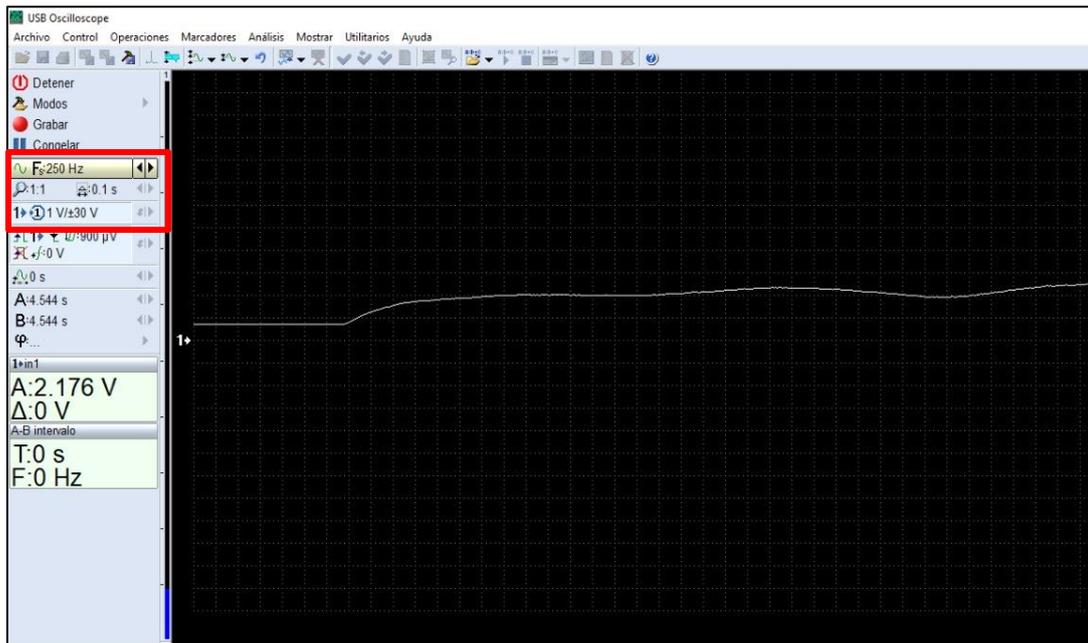
Conexión de los terminales del osciloscopio en el sensor MAF



- Se debe configurar el programa USB Oscilloscope con los siguientes parámetros: Frecuencia a 125 Hz – 0.2 s y Amplitud a 1 V, como se representa en la Figura 9. Para visualizar la señal se debe variar la velocidad de giro del ventilador de tal manera que la cantidad de caudal ingresado vaya enfriando el hilo caliente que dispone el sensor.

Figura 9

Disposición del programa USB Oscilloscope



- La señal característica obtenida se adjuntará en la Tabla 5.

9.- Resultados obtenidos

Tabla 1

Identificación del sensor MAF en el banco didáctico

Número de pines	
Evidencia fotográfica	

Tabla 2

Medición de voltaje de alimentación del sensor MAF

Voltaje de alimentación	
Evidencia Fotográfica	

Tabla 3

Valores de voltaje del sensor MAF respecto al caudal de aire ingresado

Condiciones de Velocidad de aire	Velocidad de aire medido $\left[\frac{m}{s}\right]$	Caudal de aire $Q = V \cdot A$	Voltaje
		$Q = V \frac{m}{s} \cdot 3,318 \times 10^{-3} m^2$	

Nula			
Muy baja			
Baja			
Media baja			
Media			
Media alta			
Alta			
Muy alta			

Tabla 4

Caracterización del sensor MAF

Ecuación Obtenida	
Gráfica	

Tabla 5

Señal característica del sensor MAF

Señal Obtenida	
Descripción	

10.- Discusión

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

11.- Conclusiones

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

12.- Recomendaciones

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

13.- Preguntas y ejercicios de control

A desarrollar por el estudiante.

1. ¿A mayor caudal de aire detectado por el sensor MAF el voltaje de salida aumenta o disminuye?
2. ¿Cómo se puede identificar que el sensor MAF posee una IAT incorporada?

14.- Bibliografía

(Añada la que crea conveniente a las ya citadas siguiendo el formato expuesto. Tomar en cuenta que la bibliografía que cite debe ser de una fuente confiable, de preferencia utilice libros, artículos, revistas, tesis, entre otras se dota de algunos ejemplos en este apartado)

- Pardiñas, J. Sistemas Auxiliares del motor. 1st ed. Ed. Editex. España, 2017.
- Sánchez, E. Sistemas auxiliares del motor. Macmillan Iberia, 2013.

15.- Porcentaje de participación de los miembros del grupo

(Sírvanse ponderar la participación de todos los integrantes del grupo)

Nombres y Apellidos	Porcentaje de participación

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

Anexo 6: Guía Práctica 5

ASIGNATURA	ELECTRÓNICA AUTOMOTRIZ
CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	E5,C6,A3
LUGAR DE EJECUCIÓN	Laboratorio de sistemas automotrices
FECHA DE EJECUCIÓN	
FECHA DE ENTREGA	
TIEMPO PLANIFICADO EN EL SÍLABO:	2 horas
TIEMPO DE PRÁCTICA POR GRUPO DE ESTUDIANTES:	2 horas
NÚMERO DE ESTUDIANTES POR GRUPO:	Cuatro grupos de 3 personas
DOCENTE DE LA ASIGNATURA	
RESPONSABLE DE LABORATORIO	Ing. Elmer Arias Montaña

1.-Tema

- CARACTERIZACIÓN Y COMPROBACIÓN DEL SENSOR IAT

2.-Objetivos:

- Identificar los pines del sensor IAT a través del uso del multímetro.
- Medir los parámetros de funcionamiento del sensor IAT haciendo uso del multímetro.
- Definir la función y curva característica del sensor IAT a través del software Matlab.
- Obtener la curva característica del sensor IAT mediante el osciloscopio.

3.- Resultados de aprendizaje

- Caracteriza, explica e interpreta las señales de los sensores del a automóvil para diagnosticar posibles fallas mecánicas y electrónicas del vehículo con responsabilidad.

4.- Materiales y reactivos

- Papel
- Lápiz
- Cámara fotográfica
- Aplicación celular para lector de códigos QR

5.- Equipos y herramientas

Equipos de protección	Herramientas y equipos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mandil ➤ Franela ➤ Gafas de protección ➤ Guantes aislantes 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Banco didáctico ➤ Osciloscopio ➤ Multímetro ➤ Cables con bananas y pinzas cocodrilo

6.- Instrucciones:

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

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

7.- Marco teórico:

A desarrollar por el estudiante. Utilice sus propias fuentes de consulta que sean confiables, tales como: libros, tesis, artículos, revistas; utilice gráficos o esquemas.

- Principio de funcionamiento
- Tipos de sensores IAT
- Curva característica

- Fallas y soluciones comunes
- Códigos de fallas OBD II

8.- Actividades a desarrollar

Instrucciones para el desarrollo de las actividades

1. Encender el banco didáctico
2. Alimentar la placa Arduino Uno – Pantallas LCD
3. Encender la fuente de alimentación 5V

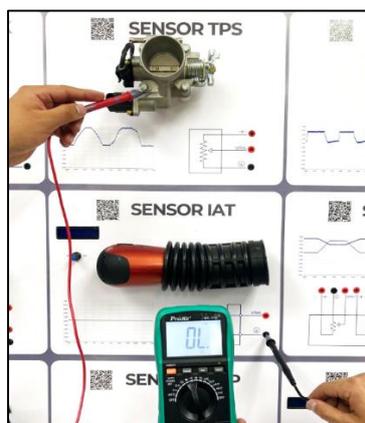
Actividad 1: Identificación de los pines del sensor IAT a través del uso del multímetro.

- Reconocer la ubicación del sensor, y completar la Tabla 1 que se encuentra en la sección de resultados
- Pin de masa del sensor IAT

Ubicar la perilla del multímetro en continuidad, conectar el puntal color negro en GND y el rojo en cualquier punto metálico que esté en contacto con GND, tal como se muestra en la Figura 1. Se debe escuchar la alarma de continuidad para comprobar la puesta a tierra del sensor IAT.

Figura 1

Comprobación del pin de masa del sensor IAT

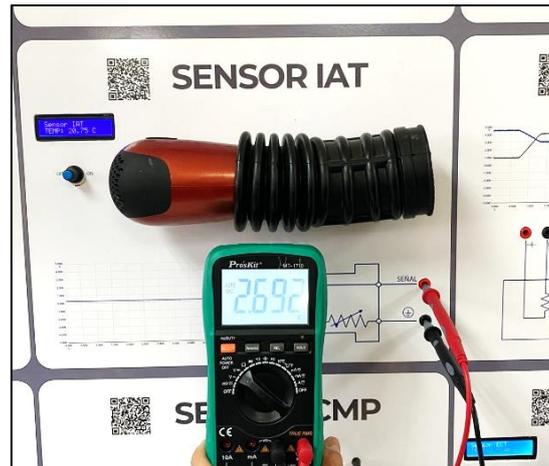


- Pin de señal del sensor IAT

Se debe conectar la punta roja del multímetro en SEÑAL y la punta negra en GND, en la pantalla del mismo se indicará un valor mayor a 0 y menor que 5 ($0 < V < 5$), tal como se expone en la Figura 2

Figura 2

Comprobación del pin de señal del sensor IAT



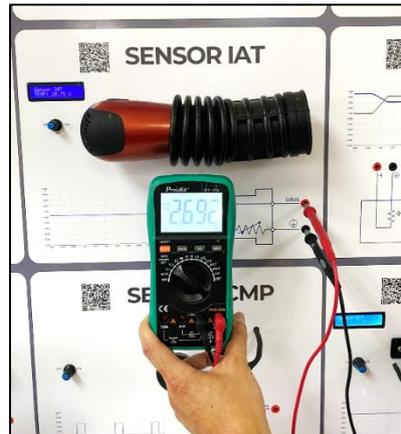
Actividad 2: Medición de los parámetros de funcionamiento del sensor IAT haciendo uso del multímetro.

- Valores de voltaje respecto a la variación de temperatura

Situar la perilla del multímetro en la escala de voltaje continuo, y conectar el puntal negro del multímetro en SEÑAL y el rojo en GND, tal como se observa en la Figura 3. Posteriormente se enciende la secadora y en el display se puede ir monitoreando la temperatura. Los valores obtenidos de voltaje respecto a los datos de temperatura requeridos en la Tabla 2 deben ser registrados en la misma.

Figura 3

Comprobación del pin de señal del sensor IAT

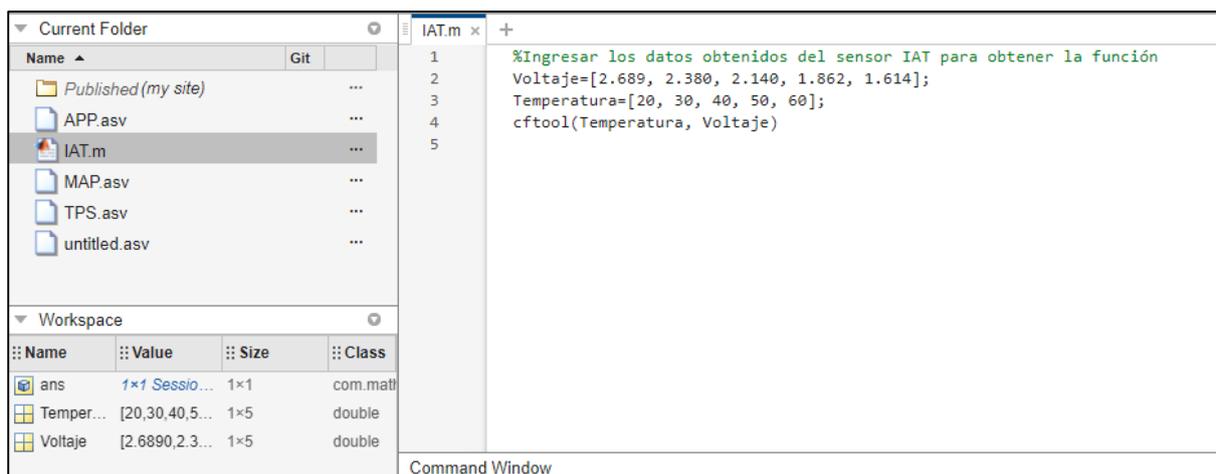


Actividad 3: Definición de la función y curva característica del sensor IAT a través del software Matlab.

- Los valores obtenidos en la Tabla 2 se escriben como vectores, para cada una de las variables, en la ventana de programación del software *Matlab*, tal como se muestra en la Figura 4, asimismo con ayuda del comando *cftool* se grafican los datos para obtener la ecuación característica.

Figura 4

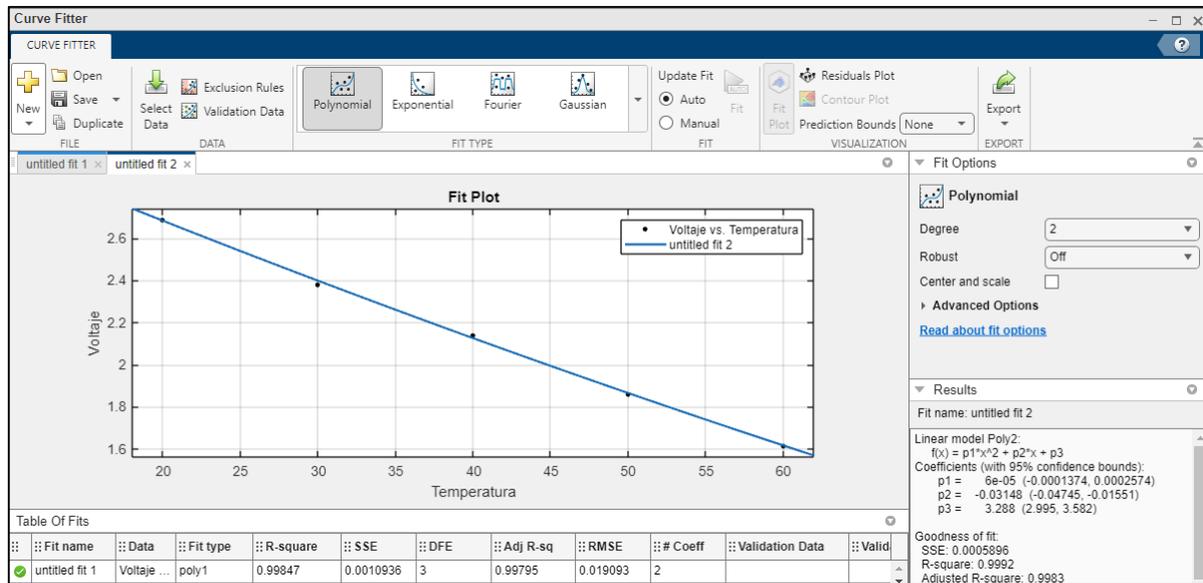
Código de Programación para la obtención de la función del sensor IAT



- Una vez ejecutado el código se abrirá la ventana *Curve Filter*, tal como se muestra en la Figura 5. Para obtener la función del sensor IAT se realiza el ajuste polinomial de acuerdo al coeficiente de determinación R^2 (lo más cercano a 1). En la sección de *Results* se obtendrán los coeficientes de la función matemática.

Figura 5

Gráfica de Temperatura vs Voltaje y obtención de la función del sensor IAT

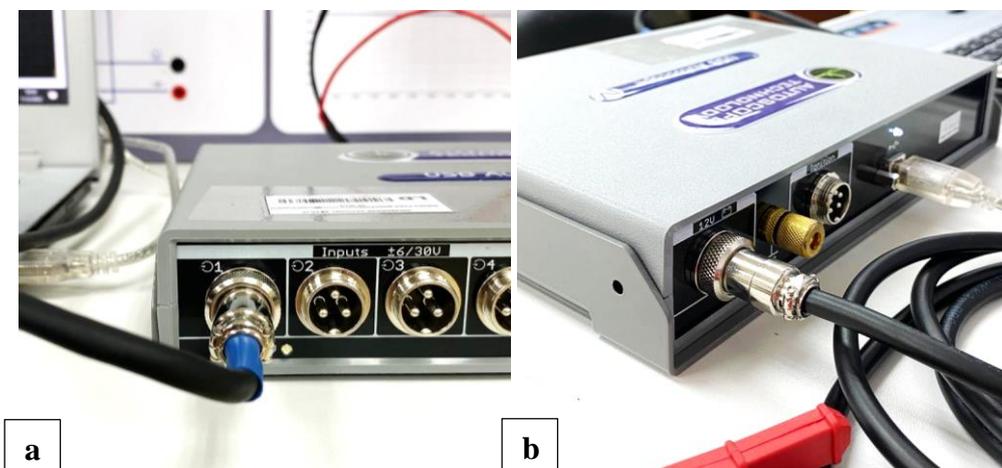


- La grafica y ecuación obtenidas en el software Matlab se adjuntará en la Tabla 3.

Actividad 4: Obtención de la curva característica del sensor IAT mediante el osciloscopio.

- En esta actividad, es necesario el uso del osciloscopio USB Autoscope IV, para ello se debe conectar el cable USB a la computadora, así como también la sonda positiva en el canal 1 del osciloscopio, y el cable de poder en el puerto de 12 V, tal como se observa en la Figura 6.

Figura 6

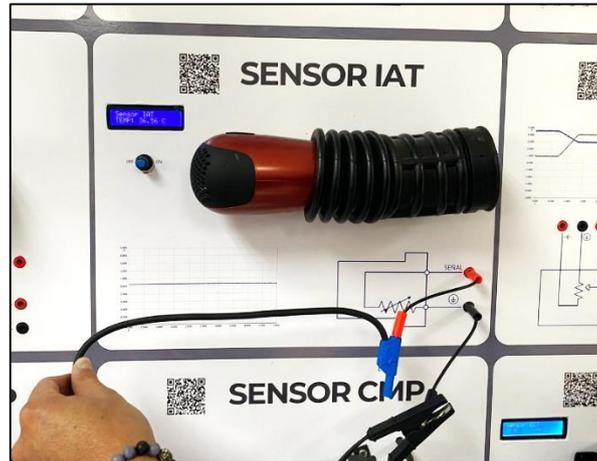


a) Conexión de la sonda en el canal 1; b) Cable de poder en el puerto de 12V.

- Posteriormente, la sonda positiva debe ir conectada a SEÑAL y la pinza cocodrilo negativa del cable de poder en GND del sensor, tal como se exhibe en la Figura 7.

Figura 7

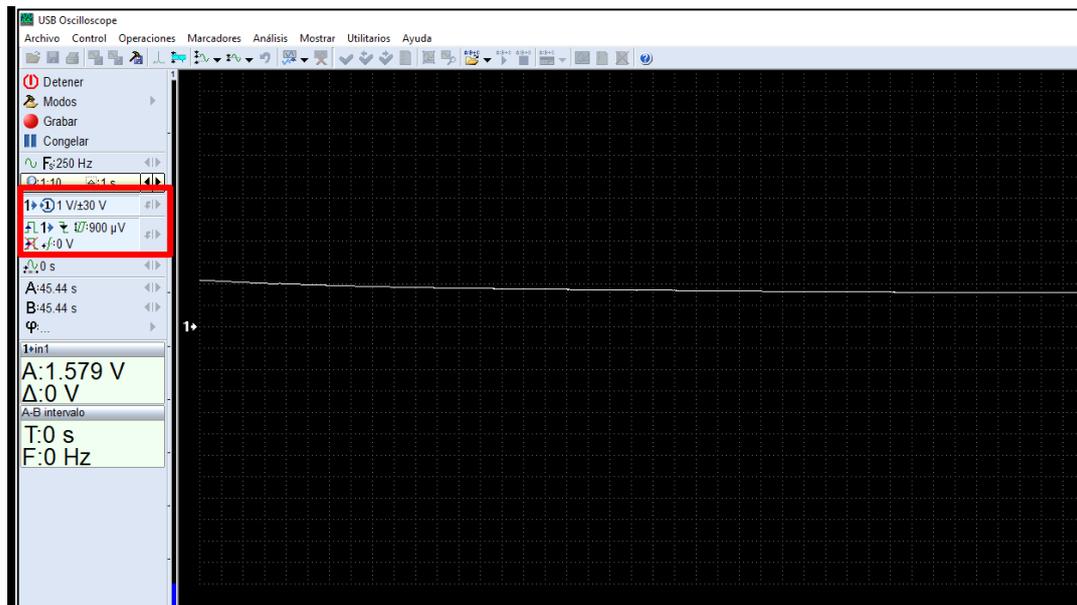
Conexión de los terminales del osciloscopio en el sensor IAT



- Se debe configurar el programa USB Oscilloscope con los siguientes parámetros: Frecuencia a 250 Hz – 1 s y Amplitud a 1 V, como se representa en la Figura 8. Para visualizar la señal del sensor IAT es necesario que la temperatura del líquido esté variando.

Figura 8

Disposición del programa USB Oscilloscope



- La señal característica obtenida se adjuntará en la Tabla 4.

9.- Resultados obtenidos

Tabla 1

Identificación del sensor IAT en el banco didáctico

Datos		Evidencia fotográfica
Número de pines		

Tabla 2

Medición de voltaje de alimentación del sensor IAT

Temperatura (°C)	20	30	40	50	60
Voltaje Obtenido (V)					

Tabla 3

Caracterización del sensor IAT

Ecuación Obtenida	
Gráfica	

Tabla 4

Señal característica del sensor IAT

Señal Obtenida	
Descripción	

10.- Discusión

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

11.- Conclusiones

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

12.- Recomendaciones

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

13.- Preguntas y ejercicios de control

A desarrollar por el estudiante.

1. De acuerdo a los datos obtenidos, justifique si el sensor posee una resistencia de tipo NTC o PTC
2. ¿Si al medir la resistencia del sensor con el multímetro, y en la pantalla se muestra “OL” que significaría?
3. ¿Qué ocurre si el sensor IAT se encuentra con suciedad?

14.- Bibliografía

(Añada la que crea conveniente a las ya citadas siguiendo el formato expuesto. Tomar en cuenta que la bibliografía que cite debe ser de una fuente confiable, de preferencia utilice libros, artículos, revistas, tesis, entre otras se dota de algunos ejemplos en este apartado)

- Pardiñas, J. Sistemas Auxiliares del motor. 1st ed. Ed. Editex. España, 2017.

15.- Porcentaje de participación de los miembros del grupo

(Sírvanse ponderar la participación de todos los integrantes del grupo)

Anexo 7: Guía Práctica 6

ASIGNATURA	ELECTRÓNICA AUTOMOTRIZ
CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	E5,C6,A3
LUGAR DE EJECUCIÓN	Laboratorio de sistemas automotrices
FECHA DE EJECUCIÓN	
FECHA DE ENTREGA	
TIEMPO PLANIFICADO EN EL SÍLABO:	2 horas
TIEMPO DE PRÁCTICA POR GRUPO DE ESTUDIANTES:	2 horas
NÚMERO DE ESTUDIANTES POR GRUPO:	Cuatro grupos de 3 personas
DOCENTE DE LA ASIGNATURA	
RESPONSABLE DE LABORATORIO	Ing. Elmer Arias Montaña

1.-Tema

CARACTERIZACIÓN Y COMPROBACIÓN DEL SENSOR APP

2.-Objetivos

- Identificar los pines del sensor APP a través del uso del multímetro.
- Medir los parámetros de funcionamiento del sensor APP haciendo uso del multímetro.
- Definir la función y curva característica del sensor APP a través del software Matlab.
- Obtener la curva característica del sensor APP mediante el osciloscopio.

3.- Resultados de aprendizaje

- Caracteriza, explica e interpreta las señales de los sensores del automóvil para diagnosticar posibles fallas mecánicas y electrónicas del vehículo con responsabilidad.

4.- Materiales y reactivos

- Papel
- Lápiz
- Cámara fotográfica
- Aplicación celular para lector de códigos QR

5.- Equipos y herramientas

Equipos de protección	Herramientas y equipos
<ul style="list-style-type: none">➤ Mandil➤ Franela➤ Gafas de protección➤ Guantes aislantes	<ul style="list-style-type: none">➤ Banco didáctico de sensores del automóvil➤ Multímetro➤ Osciloscopio➤ Cables con bananas y pinzas cocodrilo.➤ Software Matlab

6.- Instrucciones

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

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

7.- Marco teórico:

A desarrollar por el estudiante. Utilice sus propias fuentes de consulta que sean confiables, tales como: libros, tesis, artículos, revistas; utilice gráficos o esquemas.

- Principio de funcionamiento
- Tipos de sensores APP
- Curva característica
- Fallas y soluciones comunes
- Códigos de fallas OBD II

8.- Actividades a desarrollar

Instrucciones para el desarrollo de las actividades

1. Encender el banco didáctico
2. Encender la fuente de alimentación 5V

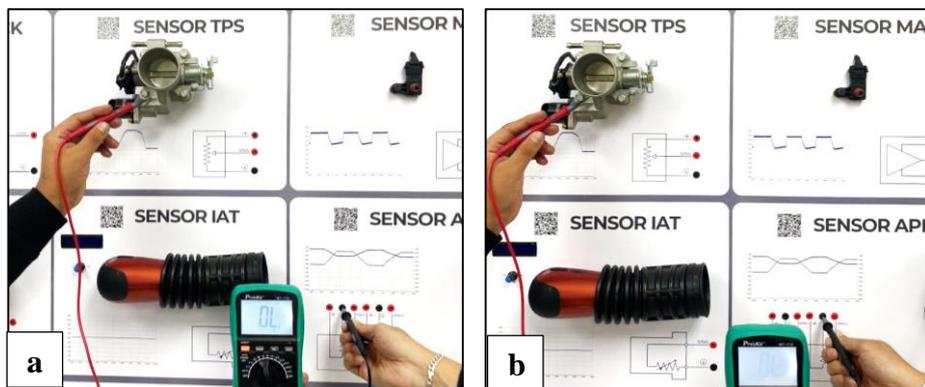
Actividad 1: Identificación de los pines del sensor APP a través del uso del multímetro.

- Reconocer la ubicación del sensor en el pedal, y completar la Tabla 1 que se encuentra en la sección de resultados
- Pines de masa del sensor APP

Ubicar la perilla del multímetro en continuidad, conectar el puntal color negro en GND de cada pista y el rojo en cualquier punto metálico que esté en contacto con GND, tal como se muestra en la Figura 1. Se debe escuchar la alarma de continuidad para comprobar la puesta a tierra del sensor APP.

Figura 1

Comprobación de los pines de masa del sensor APP



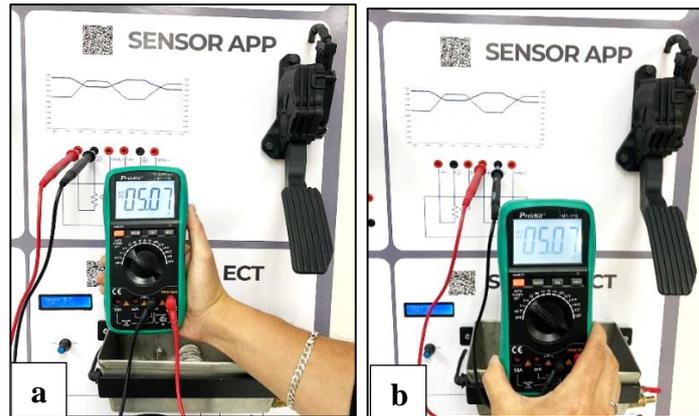
Nota: a) Pista 1; b) Pista 2

- Pines de alimentación del sensor APP

Esta actividad consiste en verificar el voltaje de funcionamiento del sensor, para ello es necesario configurar el multímetro a la escala de voltaje continuo, conectar la punta roja del mismo en ALIMENTACIÓN y la punta negra en GND de cada pista. En la pantalla se mostrará una lectura de $5V \pm 0.8$ tal como se observa en la Figura 2. El valor obtenido deberá ser registrado en la Tabla 2.

Figura 2

Comprobación de los pines de alimentación del sensor APP



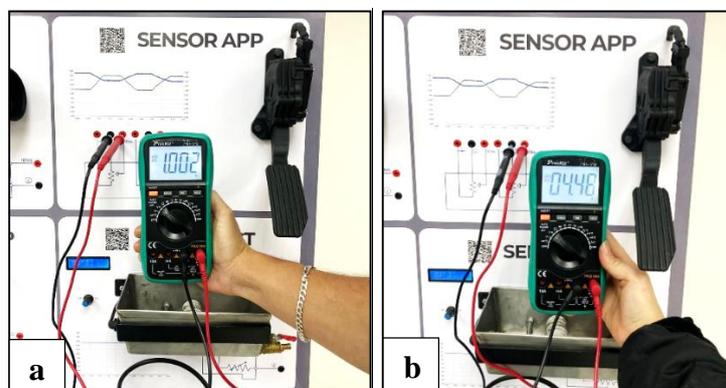
Nota: a) Pista 1; b) Pista 2

- Pines de señal del sensor APP

Conservando la escala de voltaje continuo, se debe acoplar la punta roja del multímetro en SEÑAL y la punta negra en GND de cada pista, en la pantalla del mismo se indicará un valor mayor a 0 y menor que 5 ($0 < V < 5$), tal como se expone en la Figura 3.

Figura 3

Comprobación de los pines de señal del sensor APP



Nota: a) Pista 1; b) Pista 2

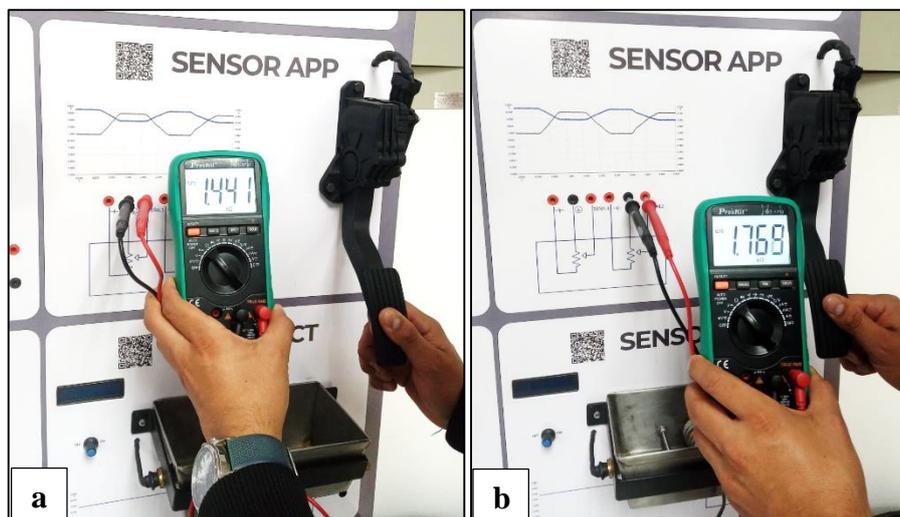
Actividad 2: Medición de los parámetros de funcionamiento del sensor APP haciendo uso del multímetro.

- Valores de resistencia respecto a la apertura del sensor APP

Con la fuente de alimentación apagada y desconectada del sensor APP se procede a medir la resistencia, para ello se debe colocar la punta roja del multímetro en SEÑAL y la punta negra en GND de cada pista, tal como se muestra en la Figura 4, asimismo, debe referirse a la Tabla 3 con el propósito de cumplir los parámetros solicitados.

Figura 4

Verificación de resistencia de sensor APP



Nota: a) Pista 1; b) Pista 2

Los porcentajes de posición del pedal presentados en la Tabla 3, se obtienen mediante la relación directamente proporcional, es decir, se puede medir un valor de resistencia cuando el pedal esté completamente cerrada, otro valor cuando está totalmente abierta, y con ello calcular el rango de trabajo de la pista del potenciómetro. Una vez obtenido dichos valores, se aplica una regla de tres de acuerdo a los grados intermedios de apertura requeridos.

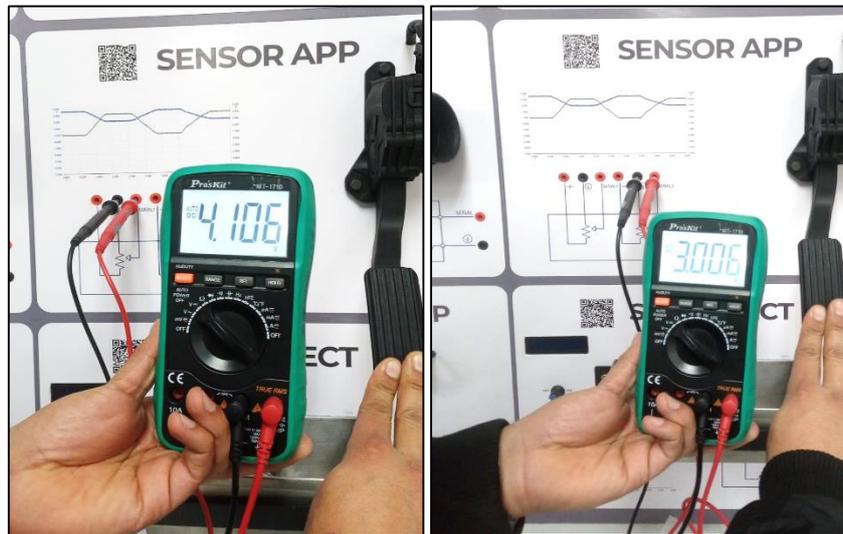
- Valores de voltaje del sensor APP respecto a la variación de posición del pedal

Manteniendo los terminales del multímetro, tal como se observa en la Figura 5 se debe hacer variar la posición del pedal hasta llegar a los valores de resistencia obtenidos en la Tabla 3, luego se

procede a conectar el sensor APP a la fuente de alimentación para obtener el voltaje de acuerdo al grado de apertura según corresponda.

Figura 5

Verificación de voltaje de salida del sensor APP



Nota: a) Pista 1; b) Pista 2

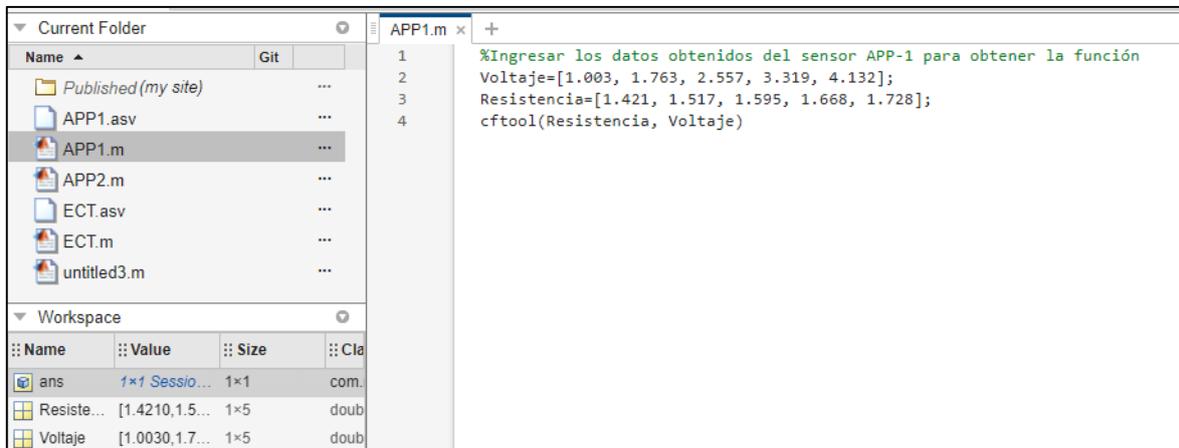
- Los datos de voltaje conseguidos deberán ser registrados en la Tabla 4 de la sección de resultados.

Actividad 3: Definición de la función y curva característica del sensor APP a través del software Matlab.

- Los valores obtenidos en la Tabla 4 se escriben como vectores, para cada una de las variables, en la ventana de programación del software *Matlab*, tal como se muestra en la Figura 6 y 7. Asimismo con ayuda del comando *cftool* se grafican los datos para obtener la ecuación característica.

Figura 6

Código de Programación para la obtención de la función del sensor APP 1



The screenshot shows a MATLAB editor window with a file explorer on the left and a code editor on the right. The file explorer shows a 'Current Folder' with files like APP1.m, APP2.m, ECT.asv, ECT.m, and untitled3.m. The code editor shows the following code for APP1.m:

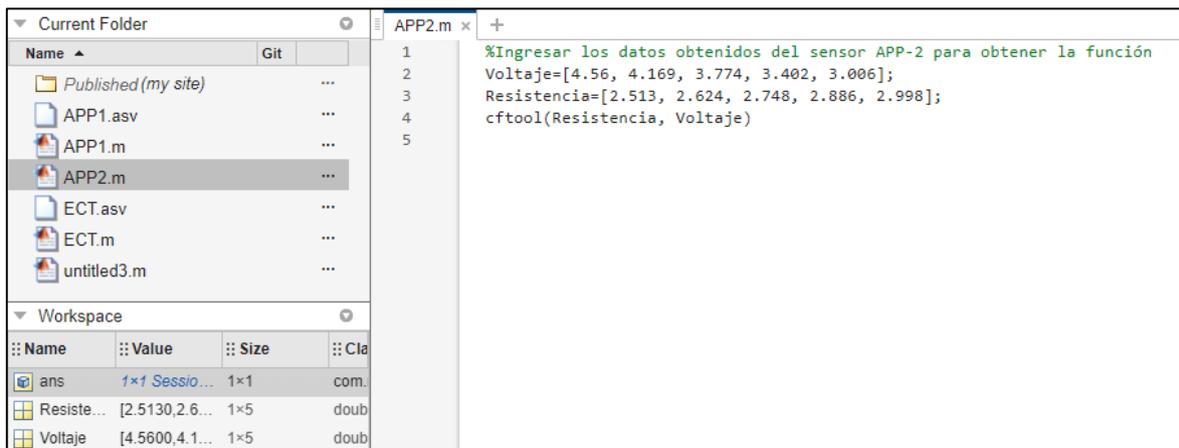
```
1 %Ingresar los datos obtenidos del sensor APP-1 para obtener la función
2 Voltaje=[1.003, 1.763, 2.557, 3.319, 4.132];
3 Resistencia=[1.421, 1.517, 1.595, 1.668, 1.728];
4 cftool(Resistencia, Voltaje)
```

Below the code editor, a workspace window is visible with the following data:

Name	Value	Size	Class
ans	1×1 Sessio...	1×1	com.
Resiste...	[1.4210,1.5...	1×5	doub
Voltaje	[1.0030,1.7...	1×5	doub

Figura 7

Código de Programación para la obtención de la función del sensor APP 2



The screenshot shows a MATLAB editor window with a file explorer on the left and a code editor on the right. The file explorer shows a 'Current Folder' with files like APP1.m, APP2.m, ECT.asv, ECT.m, and untitled3.m. The code editor shows the following code for APP2.m:

```
1 %Ingresar los datos obtenidos del sensor APP-2 para obtener la función
2 Voltaje=[4.56, 4.169, 3.774, 3.402, 3.006];
3 Resistencia=[2.513, 2.624, 2.748, 2.886, 2.998];
4 cftool(Resistencia, Voltaje)
5
```

Below the code editor, a workspace window is visible with the following data:

Name	Value	Size	Class
ans	1×1 Sessio...	1×1	com.
Resiste...	[2.5130,2.6...	1×5	doub
Voltaje	[4.5600,4.1...	1×5	doub

- Una vez ejecutado el código se abrirá la ventana *Curve Filter*, tal como se muestra en la Figura 8 y 9. Para obtener la función del sensor APP se realiza el ajuste polinomial de acuerdo al coeficiente de determinación R^2 (lo más cercano a 1). En la sección de *Results* se obtendrán los coeficientes de la función matemática.

Figura 8

Gráfica de Resistencia vs Voltaje y obtención de la función del sensor APP pista 1

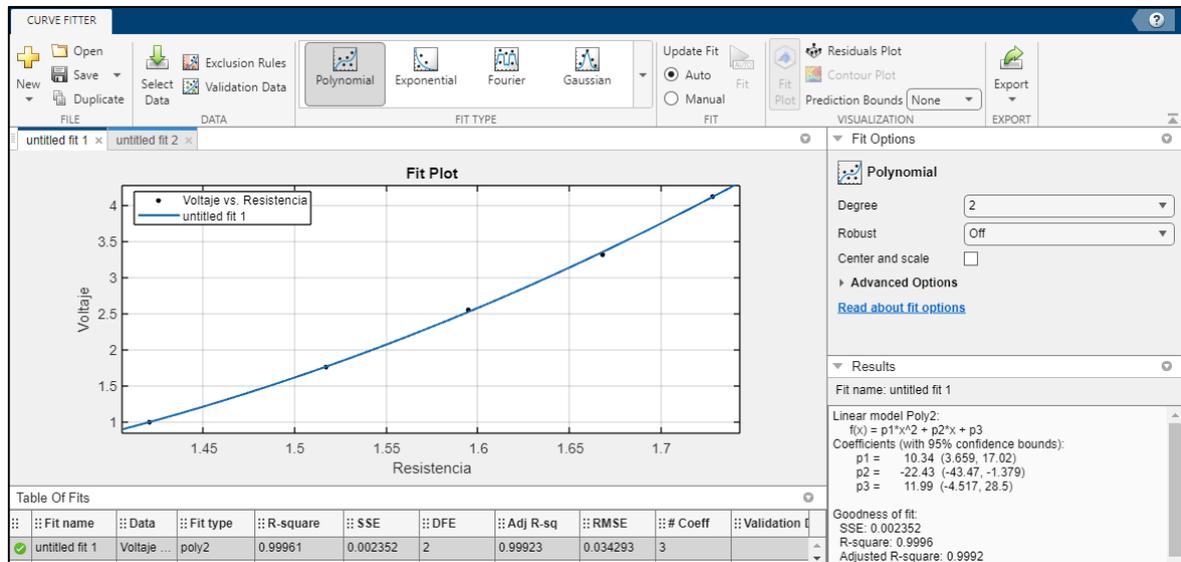
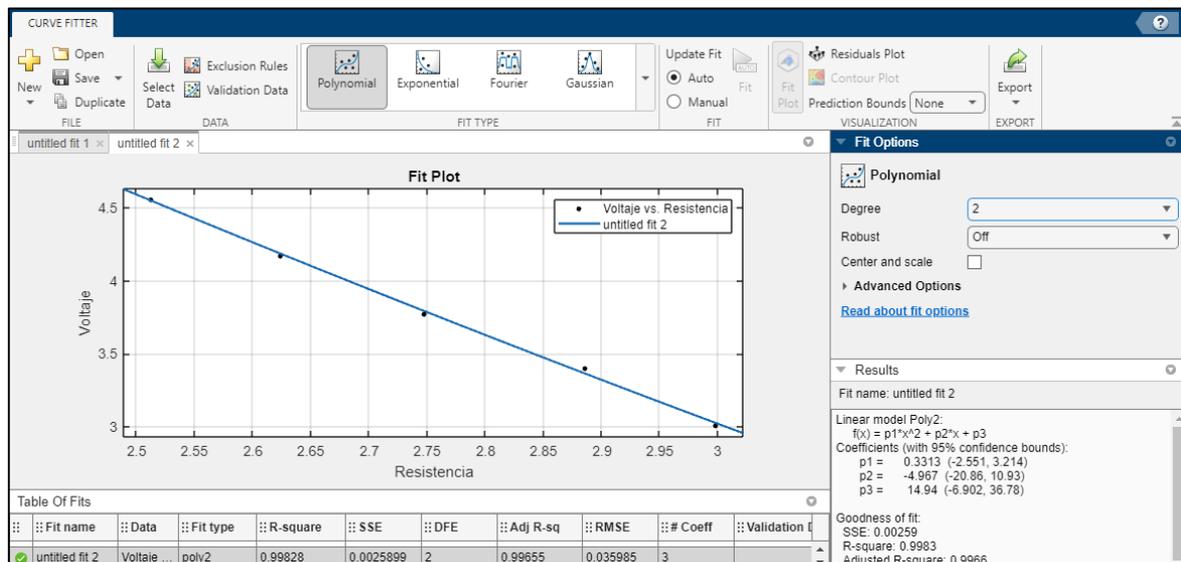


Figura 9

Gráfica de Resistencia vs Voltaje y obtención de la función del sensor APP pista 2



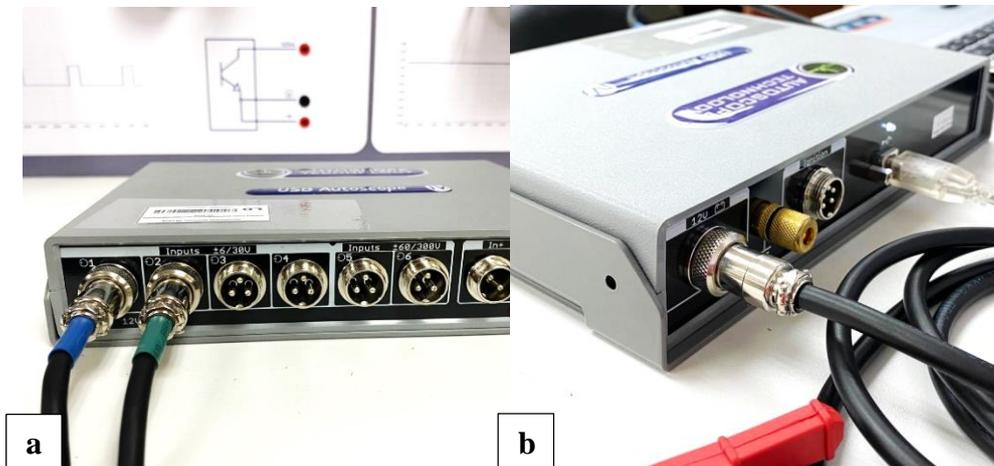
- Las graficas y ecuaciones obtenidas en el software Matlab se adjuntará en la Tabla 5.

Actividad 4: Obtención de la curva característica del sensor APP mediante el osciloscopio.

- En esta actividad, es necesario el uso del osciloscopio USB Autoscope IV, para ello se debe conectar el cable USB a la computadora, así como las sondas positivas en el canal 1 y 2 del

osciloscopio, por último el cable de poder en el puerto de 12 V, tal como se observa en la Figura 10.

Figura 10

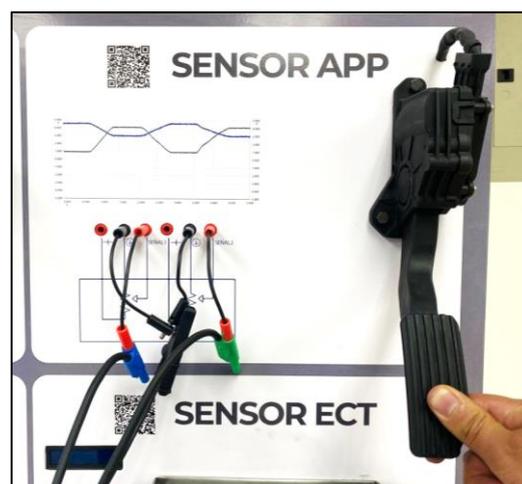


a) Conexión de las sondas en el canal 1 y 2; b) Cable de poder en el puerto de 12V.

- Posteriormente, la sonda positiva debe ir conectada a SEÑAL y la pinza cocodrilo negativa del cable de poder en GND del sensor, tal como se exhibe en la Figura 11.

Figura 11

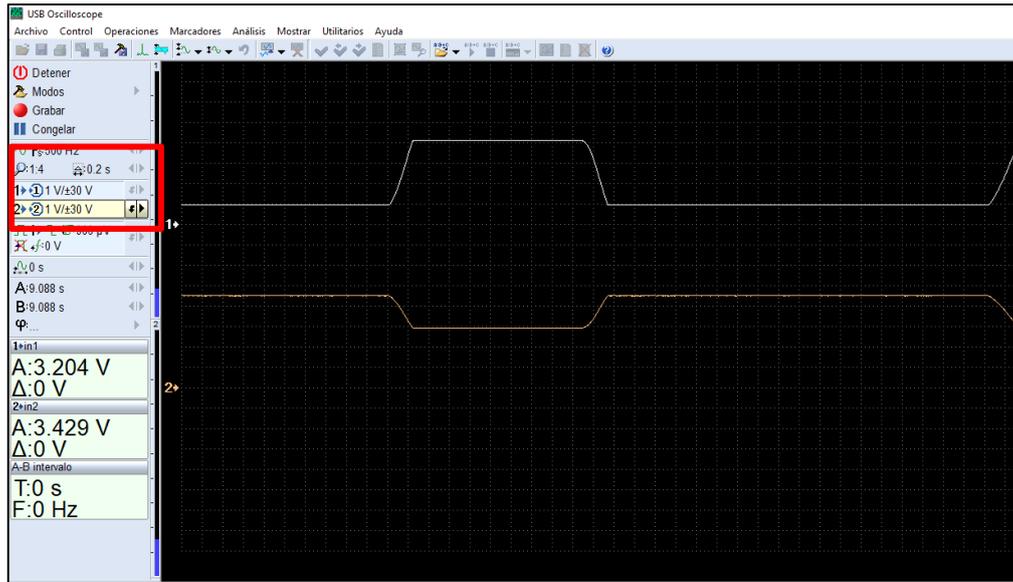
Conexión de los terminales del osciloscopio en el sensor APP



- Se debe configurar el programa USB Oscilloscope con los siguientes parámetros: Frecuencia a 125 Hz – 0.2 s y Amplitud a 1 V, como se representa en la Figura 12. Para visualizar la señal del sensor APP es necesario ir presionando el pedal.

Figura 12

Disposición del programa USB Oscilloscope



- La señal característica obtenida se adjuntará en la Tabla 6.

9.- Resultados obtenidos

Tabla 1

Identificación del sensor APP en el banco didáctico

Datos		Evidencia fotográfica
Número de pines		

Tabla 2

Medición de voltaje de alimentación del sensor APP

Datos		Evidencia fotográfica
Voltaje de alimentación		

Tabla 3*Valores de resistencia respecto a la apertura del sensor APP*

Posición del pedal APP 1	Valor de resistencia medido	Valor de voltaje medido
Sin presionar		
25 %		
50 %		
75 %		
Totalmente presionado		

Tabla 3*Valores de resistencia respecto a la apertura del sensor APP*

Posición del pedal SEÑAL 2	Valor de resistencia medido	Valor de voltaje medido
Sin presionar		
25 %		
50 %		
75 %		
Totalmente presionado		

Tabla 4*Caracterización del sensor APP*

Ecuación Obtenida	
Gráfica	

Tabla 5*Señal característica del sensor APP*

Señal Obtenida	
Descripción	

10.- Discusión

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

11.- Conclusiones

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

12.- Recomendaciones

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

13.- Preguntas y ejercicios de control

A desarrollar por el estudiante.

1. ¿Por qué se apaga y desconecta la fuente del sensor APP para medir la resistencia de cada pista?
2. ¿Por qué se utiliza dos pistas potenciométricas en el sensor APP?
3. ¿Si una pista potenciométrica del sensor APP se daña, el sensor sigue funcionando?

14.- Bibliografía

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

- Pardiñas, J. Sistemas Auxiliares del motor. 1st ed. Ed. Editex. España, 2017.
- Sánchez, E. Sistemas auxiliares del motor. Macmillan Iberia, 2013.

15.- Porcentaje de participación de los miembros del grupo

(Sírvanse ponderar la participación de todos los integrantes del grupo)

Nombres y Apellidos	Porcentaje de participación

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

Anexo 8: Guía Práctica 7

ASIGNATURA	ELECTRÓNICA AUTOMOTRIZ
CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	E5,C6,A3
LUGAR DE EJECUCIÓN	Laboratorio de sistemas automotrices
FECHA DE EJECUCIÓN	
FECHA DE ENTREGA	
TIEMPO PLANIFICADO EN EL SÍLABO:	2 horas
TIEMPO DE PRÁCTICA POR GRUPO DE ESTUDIANTES:	2 horas
NÚMERO DE ESTUDIANTES POR GRUPO:	Cuatro grupos de 3 personas
DOCENTE DE LA ASIGNATURA	
RESPONSABLE DE LABORATORIO	Ing. Elmer Arias Montaña

1.-Tema

- CARACTERIZACIÓN Y COMPROBACIÓN DEL SENSOR CKP

2.-Objetivos:

- Identificar los pines del sensor CKP a través del uso del multímetro.
- Obtener la curva característica del sensor CKP mediante el osciloscopio.

3.- Resultados de aprendizaje

- Caracteriza, explica e interpreta las señales de los sensores del automóvil para diagnosticar posibles fallas mecánicas y electrónicas del vehículo con responsabilidad.

4.- Materiales y reactivos.

- Papel
- Lápiz
- Cámara fotográfica
- Aplicación celular para lector de códigos QR

5.- Equipos y herramientas

Equipos de protección	Herramientas y equipos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mandil ➤ Franela ➤ Gafas de protección ➤ Guantes aislantes 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Banco didáctico de sensores del automóvil ➤ Multímetro ➤ Osciloscopio ➤ Cables con bananas y pinzas cocodrilo.

6.- Instrucciones:

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

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

7.- Marco teórico:

A desarrollar por el estudiante. Utilice sus propias fuentes de consulta que sean confiables, tales como: libros, tesis, artículos, revistas; utilice gráficos o esquemas.

- Principio de funcionamiento
- Tipos de sensores CKP
- Curva característica
- Fallas y soluciones comunes
- Códigos de fallas OBD II

8.- Actividades a desarrollar

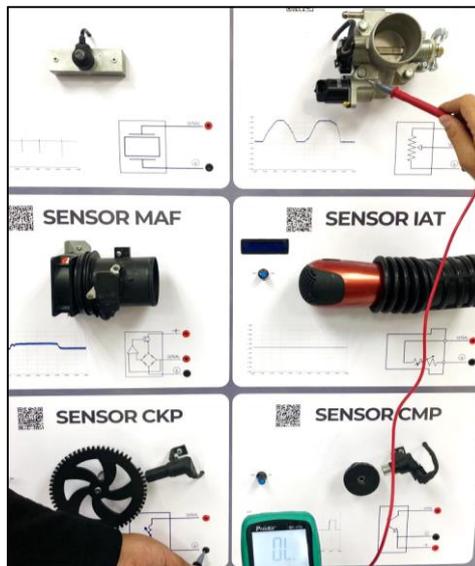
Actividad 1: Identificación de los pines del sensor CKP a través del uso del multímetro.

- Reconocer la ubicación del sensor CKP , y completar la Tabla 1 que se encuentra en la sección de resultados
- Pin de masa del sensor CKP

Ubicar la perilla del multímetro en continuidad, conectar el puntal color negro en GND y el rojo en cualquier punto metálico que esté en contacto con GND, tal como se muestra en la Figura 1. Se debe escuchar la alarma de continuidad para comprobar la puesta a tierra del sensor CKP.

Figura 1

Comprobación del pin de masa del sensor CKP

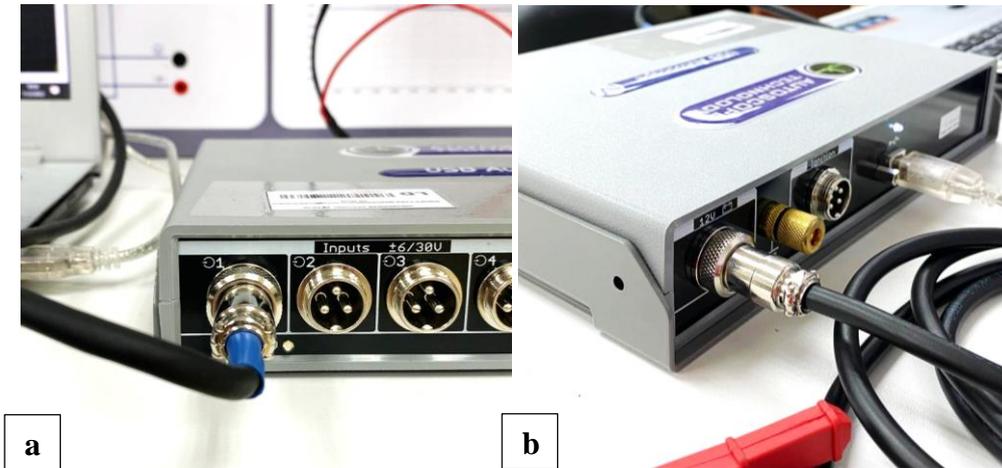


Actividad 2: Obtención de la curva característica del sensor CKP mediante el osciloscopio.

- En esta actividad, es necesario el uso del osciloscopio USB Autoscope IV, para ello se debe conectar el cable USB a la computadora, así como también la sonda positiva en el canal 1 del osciloscopio, y el cable de poder en el puerto de 12 V, tal como se observa en la Figura 2.

Figura 2

Conexiones externas del osciloscopio

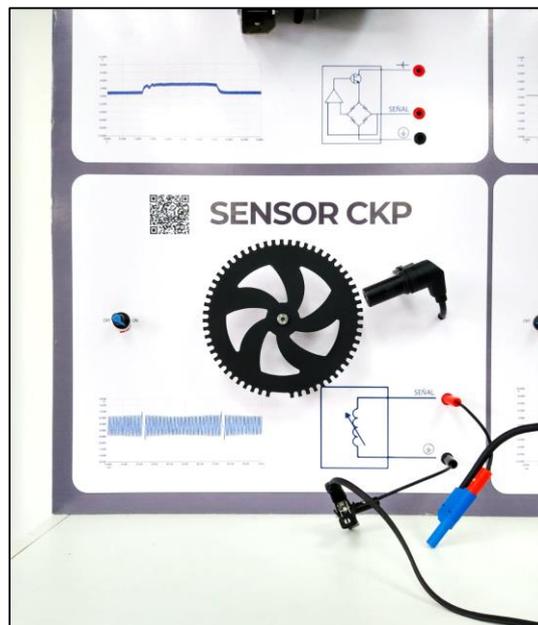


Nota: a) Conexión de la sonda en el canal 1; b) Cable de poder en el puerto de 12V.

- Posteriormente, la sonda positiva debe ir conectada a SEÑAL y la pinza cocodrilo negativa del cable de poder en GND del sensor, tal como se exhibe en la Figura 3.

Figura 3

Conexión de los terminales del osciloscopio en el sensor CKP



- Se debe configurar el programa USB Oscilloscope con los siguientes parámetros: Frecuencia a 250 KHz – 1 ms y Amplitud a 1 V, como se representa en la Figura 5. Para visualizar la señal

del sensor CKP se debe encender el motor y mediante el potenciómetro variar paulatinamente la velocidad del mismo, conforme a los requerimientos de la Tabla 2.

Figura 4

Disposición del programa USB Oscilloscope



9.- Resultados obtenidos

Tabla 1

Identificación del sensor CKP en el banco didáctico

Datos		Evidencia fotográfica
Número de pines		

Tabla 2

Señal característica del sensor CKP respecto a la velocidad de giro del motor

Velocidad baja	
Señal Obtenida	
Descripción	
Velocidad media	
Señal Obtenida	
Descripción	

Velocidad alta	
Señal Obtenida	
Descripción	

10.- Discusión

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

11.- Conclusiones

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

12.- Recomendaciones

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

13.- Preguntas y ejercicios de control

A desarrollar por el estudiante.

1. ¿La amplitud de señal que genera el sensor CKP es directamente proporcional a la velocidad de la rueda fónica?
2. ¿Por qué los cables que conducen la señal del sensor CKP disponen una protección de mallado?
3. En base al oscilograma obtenido del sensor CKP, indique:
 - ¿Cuántos dientes dispone la rueda fónica?
 - ¿En qué momento se da el salto de chispa en el motor?

14.- Bibliografía

(Añada la que crea conveniente a las ya citadas siguiendo el formato expuesto. Tomar en cuenta que la bibliografía que cite debe ser de una fuente confiable, de preferencia utilice libros, artículos, revistas, tesis, entre otras se dota de algunos ejemplos en este apartado)

- Pardiñas, J. Sistemas Auxiliares del motor. 1st ed. Ed. Editex. España, 2017.
- Sánchez, E. Sistemas auxiliares del motor. Macmillan Iberia, 2013.

15.- Porcentaje de participación de los miembros del grupo

(Sírvense ponderar la participación de todos los integrantes del grupo)

Nombres y Apellidos	Porcentaje de participación

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

Anexo 9: Guía Práctica 8

ASIGNATURA	ELECTRÓNICA AUTOMOTRIZ
CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	E5,C6,A3
LUGAR DE EJECUCIÓN	Laboratorio de sistemas automotrices

FECHA DE EJECUCIÓN	
FECHA DE ENTREGA	
TIEMPO PLANIFICADO EN EL SÍLABO:	2 horas
TIEMPO DE PRÁCTICA POR GRUPO DE ESTUDIANTES:	2 horas
NÚMERO DE ESTUDIANTES POR GRUPO:	Cuatro grupos de 3 personas
DOCENTE DE LA ASIGNATURA	
RESPONSABLE DE LABORATORIO	Ing. Elmer Arias Montaña

1.-Tema

- CARACTERIZACIÓN Y COMPROBACIÓN DEL SENSOR CMP

2.-Objetivos:

- Identificar los pines del sensor CMP a través del uso del multímetro.
- Obtener la curva característica del sensor CMP mediante el osciloscopio.

3.- Resultados de aprendizaje

- Caracteriza, explica e interpreta las señales de los sensores del automóvil para diagnosticar posibles fallas mecánicas y electrónicas del vehículo con responsabilidad.

4.- Materiales y reactivos.

- Papel
- Lápiz
- Cámara fotográfica
- Aplicación celular para lector de códigos QR

5.- Equipos y herramientas

Equipos de protección	Herramientas y equipos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mandil ➤ Franela ➤ Gafas de protección ➤ Guantes aislantes 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Banco didáctico de sensores del automóvil ➤ Multímetro ➤ Osciloscopio

	➤ Cables con bananas y pinzas cocodrilo.
--	--

6.- Instrucciones:

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

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

7.- Marco teórico:

A desarrollar por el estudiante. Utilice sus propias fuentes de consulta que sean confiables, tales como: libros, tesis, artículos, revistas; utilice gráficos o esquemas.

- Principio de funcionamiento
- Tipos de sensores CMP
- Curva característica
- Fallas y soluciones comunes
- Códigos de fallas OBD II

8.- Actividades a desarrollar

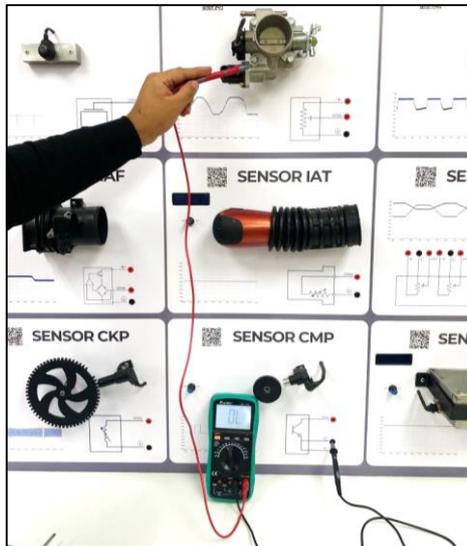
Actividad 1: Identificación de los pines del sensor CMP a través del uso del multímetro.

- Reconocer la ubicación del sensor CMP , y completar la Tabla 1 que se encuentra en la sección de resultados
- Pin de masa del sensor CMP

Ubicar la perilla del multímetro en continuidad, conectar el puntal color negro en GND y el rojo en cualquier punto metálico que esté en contacto con GND, tal como se muestra en la Figura 1. Se debe escuchar la alarma de continuidad para comprobar la puesta a tierra del sensor CMP.

Figura 1

Comprobación del pin de masa del sensor CMP

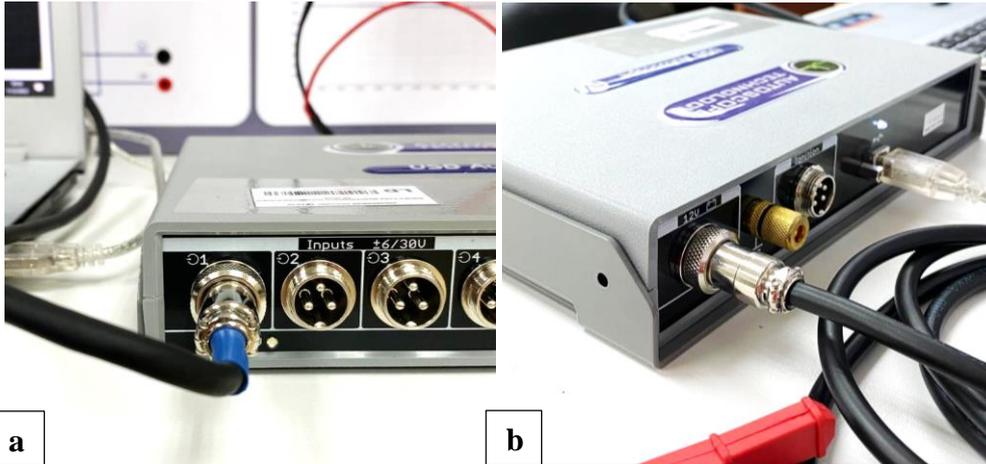


Actividad 2: Obtención de la curva característica del sensor CKP mediante el osciloscopio.

- En esta actividad, es necesario el uso del osciloscopio USB Autoscope IV, para ello se debe conectar el cable USB a la computadora, así como también la sonda positiva en el canal 1 del osciloscopio, y el cable de poder en el puerto de 12 V, tal como se observa en la Figura 2.

Figura 2

Conexiones externas del osciloscopio



a

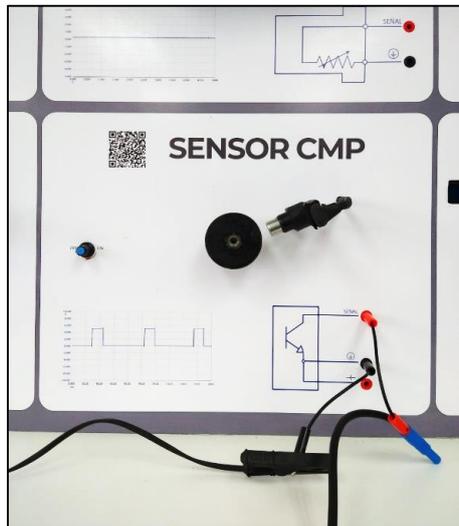
b

Nota: a) Conexión de la sonda en el canal 1; b) Cable de poder en el puerto de 12V.

- Posteriormente, la sonda positiva debe ir conectada a SEÑAL y la pinza cocodrilo negativa del cable de poder en GND del sensor, tal como se exhibe en la Figura 3.

Figura 3

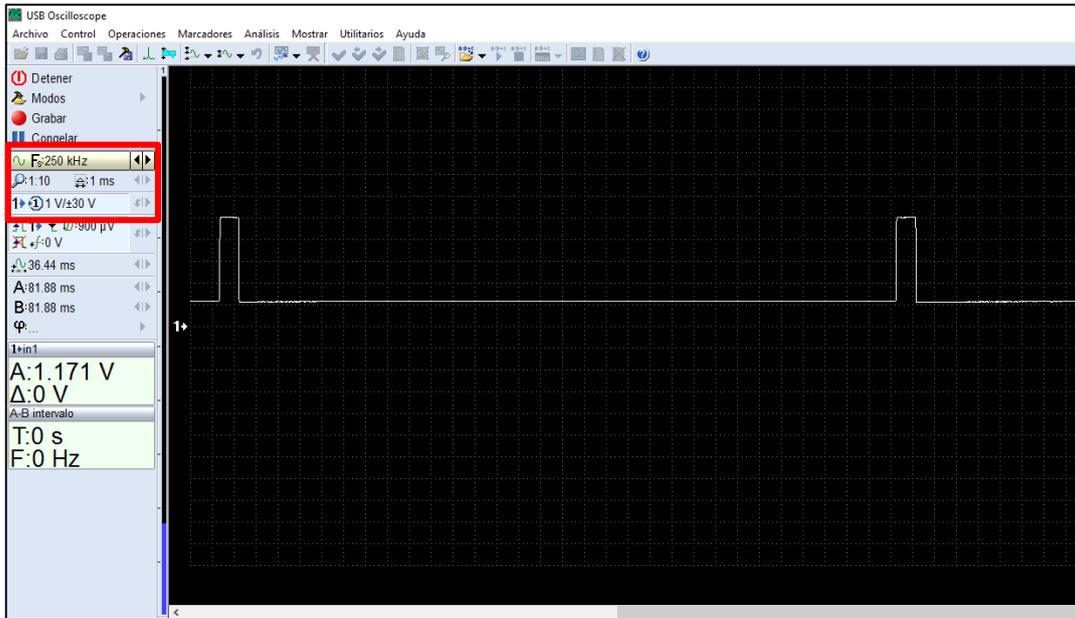
Conexión de los terminales del osciloscopio en el sensor CMP



- Se debe configurar el programa USB Oscilloscope con los siguientes parámetros: Frecuencia a 250 KHz – 1 ms y Amplitud a 1 V, como se representa en la Figura 5. Para visualizar la señal del sensor CKP se debe encender el motor y mediante el potenciómetro modificar progresivamente la velocidad del mismo conforme a los requerimientos de la Tabla 2.

Figura 4

Disposición del programa USB Oscilloscope



9.- Resultados obtenidos

Tabla 1

Identificación del sensor CMP en el banco didáctico

Datos		Evidencia fotográfica
Número de pines		

Tabla 2

Señal característica del sensor CMP respecto a la velocidad de giro del motor

Velocidad baja	
Señal Obtenida	
Descripción	
Velocidad media	
Señal Obtenida	
Descripción	
Velocidad alta	
Señal Obtenida	
Descripción	

10.- Discusión

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

11.- Conclusiones

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

12.- Recomendaciones

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

13.- Preguntas y ejercicios de control

A desarrollar por el estudiante.

1. A medida que se incrementa el régimen de giro del motor, ¿Qué sucede con la amplitud y la frecuencia generadas por el sensor CMP?
2. En caso de que el sistema de distribución del motor fuese DOHC (Doble árbol de levas), ¿Consideraría usted la necesidad de instalar dos sensores CMP?
3. ¿Por qué la rueda instalada al motor dispone de un imán?

14.- Bibliografía

(Añada la que crea conveniente a las ya citadas siguiendo el formato expuesto. Tomar en cuenta que la bibliografía que cite debe ser de una fuente confiable, de preferencia utilice libros, artículos, revistas, tesis, entre otras se dota de algunos ejemplos en este apartado)

- Pardiñas, J. Sistemas Auxiliares del motor. 1st ed. Ed. Editex. España, 2017.
- Sánchez, E. Sistemas auxiliares del motor. Macmillan Iberia, 2013.

15.- Porcentaje de participación de los miembros del grupo

(Sírvanse ponderar la participación de todos los integrantes del grupo)

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

Anexo 10: Guía Práctica 9

ASIGNATURA	ELECTRÓNICA AUTOMOTRIZ
CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	E5,C6,A3
LUGAR DE EJECUCIÓN	Laboratorio de sistemas automotrices
FECHA DE EJECUCIÓN	
FECHA DE ENTREGA	
TIEMPO PLANIFICADO EN EL SÍLABO:	2 horas
TIEMPO DE PRÁCTICA POR GRUPO DE ESTUDIANTES:	2 horas
NÚMERO DE ESTUDIANTES POR GRUPO:	Cuatro grupos de 3 personas
DOCENTE DE LA ASIGNATURA	
RESPONSABLE DE LABORATORIO	Ing. Elmer Arias Montaña

1.-Tema:

- CARACTERIZACIÓN Y COMPROBACIÓN DEL SENSOR ECT

2.-Objetivos:

- Identificar los pines del sensor ECT a través del uso del multímetro.
- Medir los parámetros de funcionamiento del sensor ECT haciendo uso del multímetro.
- Definir la función y curva característica del sensor ECT a través del software Matlab.
- Obtener la curva característica del sensor ECT mediante el osciloscopio.

3.- Resultados de aprendizaje

- Caracteriza, explica e interpreta las señales de los sensores del a automóvil para diagnosticar posibles fallas mecánicas y electrónicas del vehículo con responsabilidad.

4.- Materiales y reactivos.

- Agua / refrigerante
- Papel
- Lápiz
- Cámara fotográfica
- Aplicación celular para lector de códigos QR

5.- Equipos y herramientas

Equipos de protección	Herramientas y equipos
<ul style="list-style-type: none">➤ Mandil➤ Franela➤ Gafas de protección➤ Guantes aislantes	<ul style="list-style-type: none">➤ Banco didáctico➤ Osciloscopio➤ Multímetro➤ Cables con bananas y pinzas cocodrilo

6.- Instrucciones:

Las siguientes instrucciones están contempladas en el normativo para uso del laboratorio de sistemas automotrices.

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

7.- Marco teórico:

A desarrollar por el estudiante. Utilice sus propias fuentes de consulta que sean confiables, tales como: libros, tesis, artículos, revistas; utilice gráficos o esquemas.

- Principio de funcionamiento

- Tipos de sensores ECT
- Curva característica
- Fallas y soluciones comunes
- Códigos de fallas OBD II

8.- Actividades a desarrollar

Instrucciones para el desarrollo de las actividades

1. Encender el banco didáctico
2. Encender la fuente de alimentación y medidor de temperatura
3. Llenar el depósito con agua hasta un nivel optimo

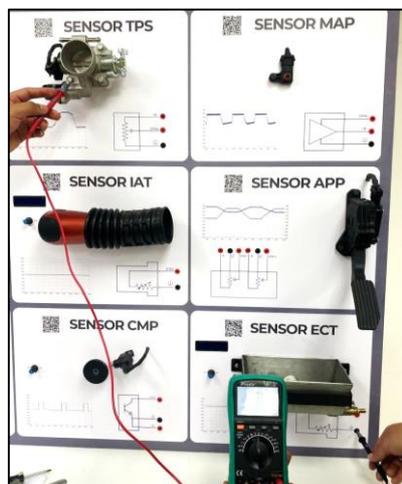
Actividad 1: Identificación de los pines del sensor ECT a través del uso del multímetro.

- Reconocer la ubicación del sensor, y completar la Tabla 1 que se encuentra en la sección de resultados
- Pin de masa del sensor ECT

Ubicar la perilla del multímetro en continuidad, conectar el puntal color negro en GND y el rojo en cualquier punto metálico que esté en contacto con GND, tal como se muestra en la Figura 1. Se debe escuchar la alarma de continuidad para comprobar la puesta a tierra del sensor ECT.

Figura 1

Comprobación del pin de masa del sensor ECT

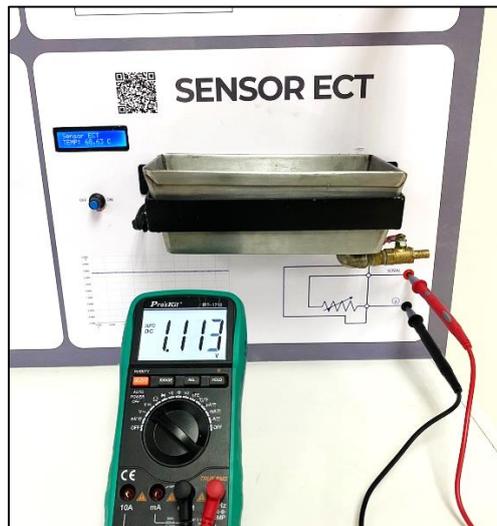


- Pin de señal del sensor ECT

Se debe conectar la punta roja del multímetro en SEÑAL y la punta negra en GND, en la pantalla del mismo se indicará un valor mayor a 0 y menor que 5 ($0 < V < 5$), tal como se expone en la Figura 2.

Figura 2

Comprobación del pin de señal del sensor ECT



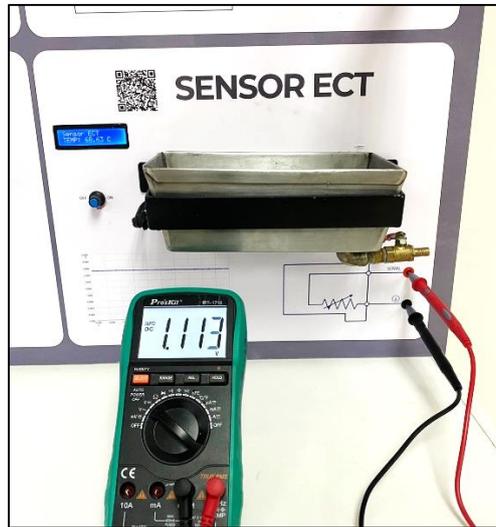
Actividad 2: Medición de los parámetros de funcionamiento del sensor ECT haciendo uso del multímetro.

- Valores de voltaje respecto a la variación de temperatura

Situar la perilla del multímetro en la escala de voltaje continuo, y conectar el puntal negro del multímetro en SEÑAL y el rojo en GND, tal como se observa en la Figura 3. Posteriormente se enciende el calentador de agua y en el display se puede ir monitoreando la temperatura. Los valores obtenidos de voltaje respecto a los datos de temperatura requeridos en la Tabla 2 deben ser registrados en la misma.

Figura 3

Comprobación del pin de señal del sensor ECT



Actividad 3: Definición de la función y curva característica del sensor ECT a través del software Matlab.

- Los valores obtenidos en la Tabla 2 se escriben como vectores, para cada una de las variables, en la ventana de programación del software *Matlab*, tal como se muestra en la Figura 4, asimismo con ayuda del comando *cftool* se grafican los datos para obtener la ecuación característica.

Figura 4

Código de Programación para la obtención de la función del sensor ECT

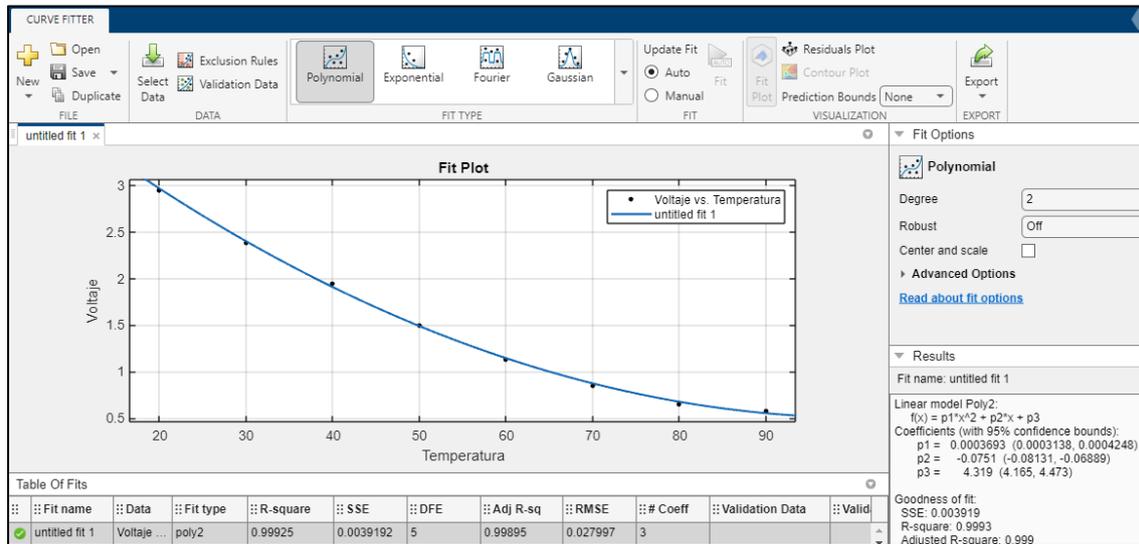
```
1 %Ingresar los datos obtenidos del sensor ECT para obtener la función
2 Voltaje=[2.954, 2.385, 1.946, 1.499, 1.135, 0.849, 0.650, 0.578];
3 Temperatura=[20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90];
4 cftool(Temperatura, Voltaje)
```

- Una vez ejecutado el código se abrirá la ventana *Curve Fitter*, tal como se muestra en la Figura 5. Para obtener la función del sensor ECT se realiza el ajuste polinomial de acuerdo al

coeficiente de determinación R^2 (lo más cercano a 1). En la sección de *Results* se obtendrán los coeficientes de la función matemática.

Figura 5

Gráfica de Temperatura vs Voltaje y obtención de la función del sensor ECT

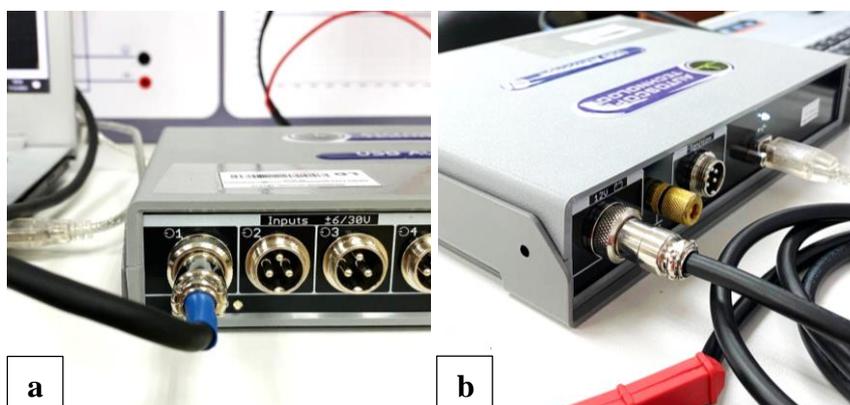


- La grafica y ecuación obtenidas en el software Matlab se adjuntará en la Tabla 3.

Actividad 4: Obtención de la curva característica del sensor ECT mediante el osciloscopio.

- En esta actividad, es necesario el uso del osciloscopio USB Autoscope IV, para ello se debe conectar el cable USB a la computadora, así como también la sonda positiva en el canal 1 del osciloscopio, y el cable de poder en el puerto de 12 V, tal como se observa en la Figura 6.

Figura 6

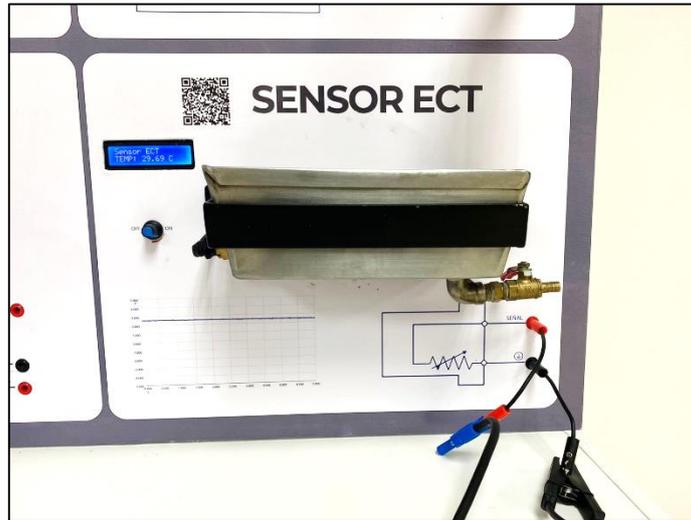


a) Conexión de la sonda en el canal 1; b) Cable de poder en el puerto de 12V

- Posteriormente, la sonda positiva debe ir conectada a SEÑAL y la pinza cocodrilo negativa del cable de poder en GND del sensor, tal como se exhibe en la Figura 7.

Figura 7

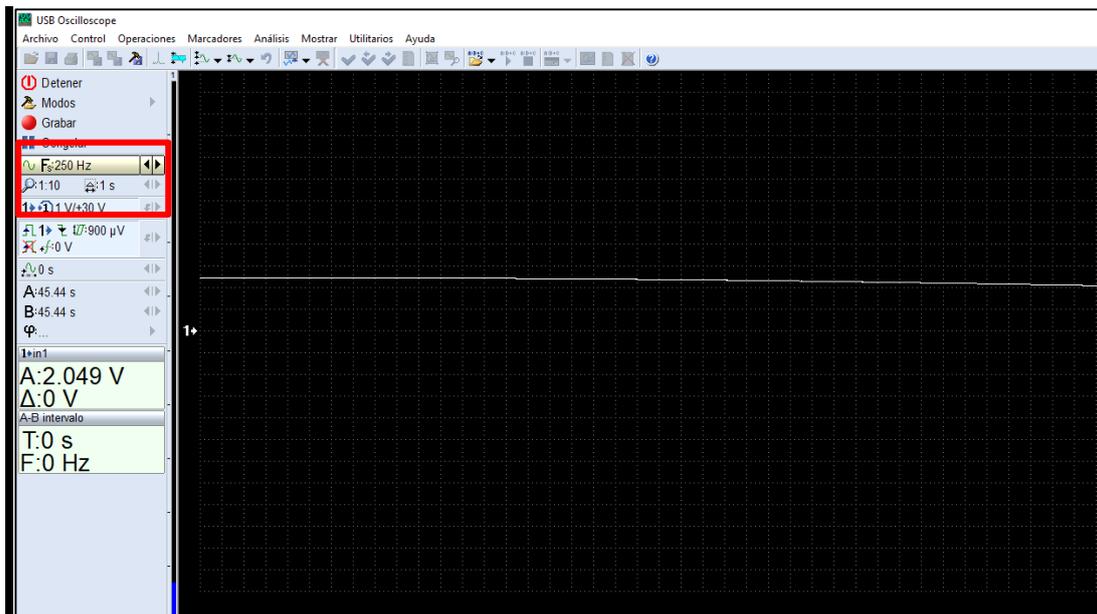
Conexión de los terminales del osciloscopio en el sensor ECT



- Se debe configurar el programa USB Oscilloscope con los siguientes parámetros: Frecuencia a 250 Hz – 1 s y Amplitud a 1 V, como se representa en la Figura 8. Para visualizar la señal del sensor ECT es necesario que la temperatura del líquido esté variando.

Figura 8

Disposición del programa USB Oscilloscope



- La señal característica obtenida se adjuntará en la Tabla 4.

9.- Resultados obtenidos

Tabla 1

Identificación del sensor ECT en el banco didáctico

Datos		Evidencia fotográfica
Número de pines		

Tabla 2

Medición de voltaje de alimentación del sensor ECT

Datos		Evidencia fotográfica
Voltaje de alimentación		

Tabla 3

Valores de voltaje respecto a la variación de temperatura del sensor ECT

Temperatura (°C)	20	30	40	50	60	70	80	90
Voltaje Obtenido (V)								

Tabla 4

Caracterización del sensor ECT

Ecuación Obtenida	
Gráfica	

Tabla 5

Señal característica del sensor ECT

Señal Obtenida	
Descripción	

10.- Discusión

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

11.- Conclusiones

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

12.- Recomendaciones

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

13.- Preguntas y ejercicios de control

A desarrollar por el estudiante.

1. De acuerdo a los datos obtenidos, justifique si el sensor posee una resistencia de tipo NTC o PTC
2. ¿Considera que una mala calidad de refrigerante afectaría a los valores de señal generados por el sensor ECT?
3. ¿Por qué el sensor ECT dispone de un divisor de voltaje para poder adquirir su señal?

14.- Bibliografía

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

- Pardiñas, J. Sistemas Auxiliares del motor. 1st ed. Ed. Editex. España, 2017.
- Sánchez, E. Sistemas auxiliares del motor. Macmillan Iberia, 2013.

15.- Porcentaje de participación de los miembros del grupo

(Sírvanse ponderar la participación de todos los integrantes del grupo)

Nombres y Apellidos	Porcentaje de participación

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

Anexo 11: Elementos diseñados e impresos para la adecuación del ventilador en el sensor MAF.



Anexo 12: Código de programación de Arduino para medidores de temperatura

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
//*****LCD*****
LiquidCrystal_I2C lcd1(0x27, 16, 2);// display 1
LiquidCrystal_I2C lcd2(0x23, 16, 2);// display 2
// number settings
const int decimals = 2;// number of decimal places needed to be displayed
const int positions = 5;// total position of numbers including the decimal places
```

```

//*****TEMPERATURA*****
// Pin donde se conecta el bus 1-Wire
const int pinDatosDQ = 13;

// Instancia a las clases OneWire y DallasTemperature
OneWire oneWireObjeto(pinDatosDQ);
DallasTemperature sensorDS18B20(&oneWireObjeto);

void setup() {
    // Iniciamos la comunicación serie
    Serial.begin(9600);
    // Iniciamos el bus 1-Wire
    sensorDS18B20.begin();

    lcd1.begin();//initialize LCD1
    lcd2.begin();//initialize LCD2
    lcd1.backlight();// turn the backlight ON for the LCD1
    lcd2.backlight();// turn the backlight ON for the LCD2
}

void loop() {
    // Mandamos comandos para toma de temperatura a los sensores
    Serial.println("Mandando comandos a los sensores");
    sensorDS18B20.requestTemperatures();

    //***** SHOW SERIAL *****
    // Leemos y mostramos los datos de los sensores DS18B20
    Serial.print("Temperatura sensor IAT: ");
    Serial.print(sensorDS18B20.getTempCByIndex(0));
    Serial.println(" C");
    Serial.print("Temperatura sensor ECT: ");
    Serial.print(sensorDS18B20.getTempCByIndex(1));
    Serial.println(" C");
}

```

```

//*****SHOW LCD*****

lcd1.setCursor(0,0);

lcd1.print("Sensor IAT");

lcdDisplay(1, 1, "TEMP: ", floatToStr(sensorDS18B20.getTempCByIndex(0)), " C");

lcd2.setCursor(0,0);

lcd2.print("Sensor ECT");

lcdDisplay(2, 1, "TEMP: ", floatToStr(sensorDS18B20.getTempCByIndex(1)), " C");

// delay(10);
}
/*
* Written by Ahmad Shamshiri on Nov 17, 2018 for Robojax.com
* lcdDisplay(int dis, int rowNum, String titleText, String valueText, String value2Text)
for example to display
* dis is display number
* rowNum is row number (0)
* title is the text (Voltage:)
* valueText is the value
* value2Text is the appended to the valueText like (A, V etc)
*
* @brief prints text on the screen on specific row and character
* @param tc=text character number, trc=text row number,
* @return the remaining time as integer second

*
*/
void lcdDisplay(int dis, int rowNum, String titleText, String valueText, String value2Text)
{

```

```

clearRow(dis,rowNum);

String myStr;

myStr = String(valueText);

int titleTextLength = titleText.length();
// Robojax.com multiple LCD1602 I2C display
if(dis ==1)
{
    lcd1.setCursor (0,rowNum); //
    lcd1.print(titleText);

    lcd1.setCursor (titleTextLength,rowNum); //
    lcd1.print(myStr);

    lcd1.setCursor (myStr.length()+titleTextLength,rowNum); //
    lcd1.print(value2Text);
}
if(dis ==2)
{
    lcd2.setCursor (0,rowNum); //
    lcd2.print(titleText);

    lcd2.setCursor (titleTextLength,rowNum); //
    lcd2.print(myStr);

    lcd2.setCursor (myStr.length()+titleTextLength,rowNum); //
    lcd2.print(value2Text);
}
}

```

```

/*
 * Written by Ahmad Shamshiri on Nov 17, 2018 for Robojax.com
 * @brief clears only one row of specific display
 * @param d, the display number integer
 * @param r, the row number integer
 * @return no return value
 */
void clearRow(int d,int r)
{
    //
    for(int i=0; i<16; i++)
    {
        if(d ==1)
        {
            lcd1.setCursor (i,r); //
            lcd1.print(" ");
        }
        if(d ==2)
        {
            lcd2.setCursor (i,r); //
            lcd2.print(" ");
        }
    }
}
} //clearRow end

/*
 * Written by Ahmad Shamshiri on Nov 18, 2018 for Robojax.com

```

```

* @brief converts integer to string
* @param a, the integer wanted to convert
* @return the converted value as string
*/

String intToStr(int a)
{

    return String(a);
} //intToStr end

/*
* Written by Ahmad Shamsiri on Nov 18, 2018 for Robojax.com
* @brief converts float to string
* @param a, the float wanted to convert
* @return the converted value as string
*/

String floatToStr(float a)
{
    char buff[6]; // create a buffer of 6 character
    dtostrf(a, positions, decimals, buff ); // 5 positions and 2 decimal places
    return buff; // return the buffer
} //floatToStr end

```

Anexo 13: Certificación de traducción del Abstract.

Loja 18 de julio de 2022

Yo Alicia Margarita Suing Ochoa, con cédula de identidad 1104506322, docente de Inglés y Magister en Español como Lengua Extranjera, CERTIFICO:

Que como profesional en dominio del inglés y español, puedo certificar que la traducción del resumen del trabajo de titulación denominado: **“Diseño y construcción de un banco didáctico para diagnóstico y caracterización de sensores del automóvil”**, a cargo del estudiante Carol Michelle Andrade Abad, cédula de identidad Nro. 1105944183 cumple con una traducción correcta y precisa.

Lo certifica:



Lic. Alicia Suing Ochoa
C.I 1104506322