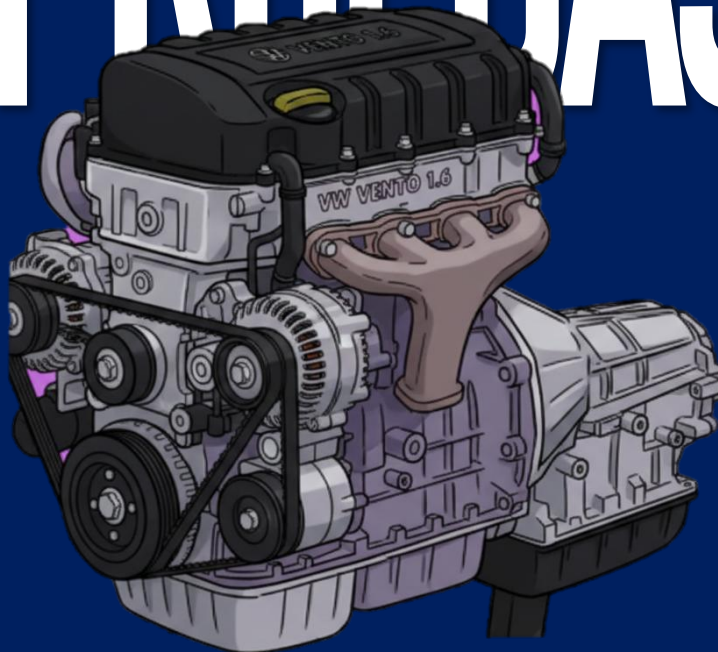




INGENIERÍA

BANCO DE

PRIERAS



DOCUMENTO

INTEGRANTES

Arce Fabrizio, Bustos Sebastián, Cruz Eduardo, Diaz Christopher,
Escamilla Eduardo, García Patricio, González Isaac, Jimenez Angel,
Jimenez Jonathan, May Benjamin, Pérez Mario, Porto Sebastián,
Valdez Julián, Villegas Santiago, Serafín Alper

PROFESOR

Ing. Gabriel Pech Borges

ÍNDICE

Contenido

1.Introducción	3
2.Problemática.....	4
3.Justificación	5
4.Objetivos	5
5.Plan de trabajo en taller	7
5.1. Evaluación y acondicionamiento del motor	7
5.2. Sistema de refrigeración (termodinámica).....	7
5.3. Implementación de sensores y actuadores	8
5.4. Instalación eléctrica y electrónica	9
6.PLAN DE TRABAJO COLABORATIVO	9
6.1. Distribución general de equipos.....	9
6.2. Evaluación inicial, desarmado y limpieza del motor.....	10
6.3. Metrología, diagnóstico y corrección de desgastes	12
6.4. Reensamblaje, torqueado y sincronización del motor.....	13
6.5. Diseño, instalación y monitoreo del sistema de refrigeración.....	15
6.6. Implementación y validación de sensores del motor.....	16
6.7. Verificación de actuadores y control del motor	17
6.8. Instalación eléctrica, arnés y panel de control	19
6.9. Coordinación y documentación.....	20
7.Resultado esperado	20
8.Diagrama de Gantt.....	21
9.Marco teórico.....	25
9.1. Banco de pruebas	25
9.2. Motores de combustión interna.....	26
9.3. Sistemas auxiliares y de control del motor	32
9.4. Sensores del Automóvil	41
10. PROCEDIMIENTOS	65

11. Anexos y Bibliografías	77
---	-----------

1.Introducción

El proyecto de construcción del banco de pruebas de diagnóstico que se presenta en este documento consiste en el rediseño de un banco de pruebas de motor similar al existente en el taller de la universidad para poder contar con una herramienta didáctica para prácticas de diagnóstico más adecuadas para los estudiantes.

Los profesores de la universidad requieren que el motor haya sido desarrollado alrededor del año 2020 en adelante, para que represente una mejora notable y el proyecto cumpla completamente el propósito que se presenta.

Los integrantes del equipo consideran que el motor también debe cumplir con ser un motor económico de comprar, con piezas sencillas de reparar y, en caso de requerir alguna pieza, que conseguir las piezas sea una tarea sencilla y que no represente un gasto importante para la universidad, ya que se busca la mayor eficiencia en el uso del presupuesto.

La función principal del banco de pruebas que en este proyecto se desarrollará, será reproducir el funcionamiento real de un motor de combustión interna en un entorno controlado, en el que se puedan replicar fallas o situaciones similares a las de un entorno real para que los estudiantes puedan observar, analizar y diagnosticar el comportamiento del motor y los profesores puedan enseñar de la mejor manera posible el funcionamiento de cada una de las partes de un motor, así como el uso de herramientas de diagnóstico.

Los principales resultados que el equipo espera obtener son obtener un banco de pruebas funcional, seguro y con tecnologías modernas que permita a los alumnos aprender a reparar vehículos similares a los que se podría enfrentar en un ambiente laboral actual.

De la misma forma se espera tener un modelo de banco de pruebas al que la universidad le pueda sacar provecho por varios años antes de que la tecnología utilizada se vuelva obsoleta.

2.Problemática

La industria automotriz es una industria que actualmente ha experimentado una tendencia a evolucionar de forma muy acelerada, especialmente en lo referente a los sistemas controlados de manera electrónica. En los últimos años, hasta los modelos más básicos de automóviles han eliminado sistemas que solían ser muy comunes como los cuerpos de aceleración mecánicos controlados por chicote. Sin embargo, en la universidad, el equipo utilizado para las prácticas y enseñanza no han sido actualizados al mismo ritmo, lo que genera una brecha entre la tecnología que se estudia y la que se encuentra en el ambiente profesional actualmente.

En el caso del banco de pruebas con el que actualmente se cuenta en la universidad, el uso de un motor con componentes que ya se consideran obsoletos, limita el aprendizaje de sistemas presentes en los vehículos modernos que circulan hoy en día en México y en otros países desde hace varios años. Esta problemática impacta directamente en la formación de los estudiantes ya que el aprendizaje práctico con el que cuentan se enfoca en plataformas que ya no son representativas ni a nivel mundial, ni a nivel Latinoamérica.

3.Justificación

La construcción de este banco de pruebas se justifica por la necesidad de implementar métodos de comprobación más precisos dentro de la carrera de ingeniería automotriz. El beneficio principal es la capacidad de verificar el estado real de un componente en un entorno seguro, lo que reduce el error humano en automóviles reales y mejora el aprendizaje de los alumnos en la carrera.

Además, el desarrollo de este banco de pruebas permite aplicar de forma práctica conocimientos de sistemas electrónicos y mecánicos, resolviendo una problemática real dentro de un entorno laboral. Contar con un banco de pruebas accesible abre la posibilidad de realizar investigaciones sobre el desgaste de materiales y el rendimiento de sistemas bajo diferentes condiciones, lo cual es esencial para los alumnos el tener un lugar donde se pueda aprender de manera segura.

4.Objetivos

Objetivo general: Para este proyecto se define principalmente un objetivo general que es actualizar y poner en funcionamiento un banco de pruebas de motor mediante la selección de los componentes necesarios, la integración de estos y la validación del motor, un motor de 4 cilindros ampliamente presente en el mercado mexicano con tecnología actual y una arquitectura mecánica confiable, con el fin de preparar para la universidad una herramienta didáctica que pueda ser útil para el aprendizaje práctico y el diagnóstico de sistemas automotrices modernos en el entorno académico, tanto para esta como para las siguientes diez o más generaciones.

Objetivos específicos: Una vez establecido un objetivo general, se establecen los siguientes objetivos específicos.

1. Analizar las opciones de motores disponibles en el mercado mexicano desarrollados alrededor del año 2020 en adelante, considerando criterios técnicos como tipo de distribución, disponibilidad, costo y complejidad electrónica
2. Seleccionar un motor que cumpla con los requisitos técnicos y didácticos del banco de pruebas, evitando configuraciones mecánicas que puedan dificultar el proceso de trabajar en él como puede ser la correa de distribución bañada en aceite.
3. Identificar y documentar los sistemas mecánicos y electrónicos necesarios para el correcto funcionamiento del motor en un banco de pruebas.
4. Diseñar y adecuar la instalación física y eléctrica del motor en el banco de pruebas, garantizando condiciones de seguridad y operación estable.
5. Integrar y poner en marcha el motor en el banco de pruebas, verificando su correcto arranque, funcionamiento en ralentí y la respuesta de todos los sistemas electrónicos.
6. Validar el funcionamiento del banco mediante pruebas de diagnóstico, lectura de códigos de falla y monitoreo de parámetros en tiempo real utilizando herramientas de escaneo.
7. Elaborar la documentación técnica del banco de pruebas actualizado, que sirva como apoyo para futuras prácticas académicas y proyectos.

5. Plan de trabajo en taller

5.1. Evaluación y acondicionamiento del motor

Al trabajar con un motor de desguace o usado, el proceso inicia con una fase de metrología y reparación para garantizar que el **banco de pruebas** sea fiable. No se puede montar un motor sin conocer su estado interno, ya que los datos obtenidos estarían sesgados por fallas mecánicas previas.

- **Desarmado y Limpieza:** Se retiran periféricos, tapas y culata para limpiar el bloque con desengrasantes industriales. Esto permite buscar grietas en el metal o pasos de agua obstruidos por sarro.
- **Metrología:** Se utiliza el micrómetro para medir el desgaste de los muñones del cigüeñal y el comparador de carátula para revisar la ovalación de los cilindros. Si las medidas están fuera de las tolerancias del fabricante, se realiza el rectificado o el cambio de metales (bancada y biela).
- **Reensamblaje:** Se instalan juntas nuevas, sellos de válvula y se aplica el torque específico a cada tornillo siguiendo la secuencia del manual de taller. Un punto clave es la sincronización de la distribución, asegurando que el encendido sea preciso una vez que el motor esté en el banco.

5.2. Sistema de refrigeración (termodinámica)

Un motor en un vehículo se enfría por el flujo de aire. En el **banco de pruebas**, al estar estático, el diseño del sistema de enfriamiento debe ser capaz de absorber todo el calor generado para evitar una dilatación excesiva de las piezas.

- **Circuito Estacionario:** Se adapta un radiador externo con un depósito de expansión. Es necesario calcular la capacidad del electroventilador para que el flujo de aire sea suficiente incluso en pruebas de larga duración.
- **Monitoreo Térmico:** Se colocan termopares en la entrada y salida del radiador. Esto permite observar cómo cambia la temperatura del refrigerante y determinar el punto exacto donde el termostato abre.
- **Lubricación:** Se vigila la temperatura del aceite, ya que si sube demasiado, pierde viscosidad y deja de proteger las piezas internas que se acaban de ajustar.

5.3. Implementación de sensores y actuadores

Esta etapa es la que permite que el **banco de pruebas** entregue datos para diagnóstico. Se requiere que los sensores del motor envíen señales limpias a la unidad de control para que el funcionamiento sea estable.

- **Validación de Señales:** Se revisa que sensores críticos como el de posición del cigüeñal (CKP) y el de fase (CMP) no tengan residuos metálicos y que su resistencia sea la correcta.
- **Control de Mezcla y Emisiones:** Se instala una sonda lambda en el colector de escape para medir la cantidad de oxígeno. Esto ayuda a entender si el motor está quemando bien el combustible o si hay problemas en los inyectores.
- **Actuadores:** Se verifica el pulso de inyección y el funcionamiento de la válvula de marcha mínima (IAC). El objetivo es que el motor se mantenga

estable en ralentí y responda correctamente a las aceleraciones dentro del banco.

5.4. Instalación eléctrica y electrónica

Es la base para que todo el sistema funcione sin riesgos de cortocircuito o ruidos que afecten las lecturas.

- **Arnés y Conexiones:** Se fabrica un cableado simplificado que conecte la batería, la computadora (ECU) y los sensores. Se deben usar calibres de cable adecuados, especialmente para el motor de arranque que consume mucha corriente.
- **Panel de Control:** Se instala un tablero con interruptores de seguridad y fusibles independientes para la bomba de gasolina, los ventiladores y la ignición. Esto permite cortar la energía de inmediato en caso de emergencia.
- **Diagramas:** Se elabora un plano de conexiones donde se especifiquen las tierras y las alimentaciones de 5V y 12V. Una mala tierra en un banco de pruebas suele causar fallos intermitentes que complican el diagnóstico.

6.PLAN DE TRABAJO COLABORATIVO

6.1. Distribución general de equipos

- **Equipo 1:** Área mecánica y termodinámica — **8 integrantes (equipo de Sebastián)**

- **Equipo 2:** Área eléctrica, electrónica y control — **7 integrantes (equipo de Benjamín)**

Cada equipo cuenta con responsables directos por actividad, para supervisar cada trabajo

EQUIPO 1 – MECÁNICA Y TERMODINÁMICA (8 PERSONAS equipo de Sebastián)

OBJETIVO GENERAL DEL EQUIPO

Corroborar que el motor se encuentre en condiciones mecánicas óptimas, de modo que los resultados obtenidos en el banco de pruebas sean confiables y repetibles.

6.2. Evaluación inicial, desarmado y limpieza del motor

Responsables: 4 personas

El primer paso consiste en retirar todos los componentes periféricos del motor, es decir, aquellas piezas externas que no forman parte directa del conjunto interno pero que son esenciales para su funcionamiento. Entre estos se encuentran el alternador, la bomba de agua, el múltiple de admisión y el múltiple de escape. Esta etapa permite dejar el motor “libre” para poder trabajar con mayor comodidad y seguridad, además de facilitar una revisión más detallada del estado general del conjunto.

Posteriormente, se procede al desmontaje interno del motor. Esto incluye la retirada de tapas, la culata, los pistones, las bielas y el cigüeñal. Sin embargo, este proceso puede variar dependiendo del estado en el que se encuentre el motor; si

presenta daños severos o desgaste considerable, será necesario un desmontaje completo. En cambio, si su condición es aceptable, puede optarse por una revisión parcial. Esta etapa es fundamental para evaluar el desgaste de los componentes internos y determinar si requieren reparación o sustitución.

Una vez desmontado, se realiza una limpieza profunda utilizando desengrasantes industriales combinados con limpieza manual. Este procedimiento se aplica al bloque del motor, la culata y los conductos de lubricación y refrigeración. La finalidad es eliminar residuos de aceite quemado, suciedad acumulada y cualquier tipo de impureza que pueda afectar el funcionamiento del motor. Una limpieza adecuada no solo mejora la inspección visual, sino que también garantiza que el armado posterior se realice en condiciones óptimas.

Finalmente, se lleva a cabo una inspección visual detallada de todas las piezas. En esta revisión se buscan posibles grietas estructurales que puedan comprometer la resistencia del material, signos de corrosión que indiquen deterioro por humedad o agentes químicos, y obstrucciones causadas por sarro o residuos acumulados en los conductos. Detectar estos problemas a tiempo es clave para asegurar que el motor funcione de manera segura, eficiente y confiable una vez que vuelva a ensamblarse.

Propósito:

Garantizar que el motor no presente fallas ocultas que afecten su funcionamiento o alteren los datos del banco de pruebas.

6.3. Metrología, diagnóstico y corrección de desgastes

Responsables: 2 personas

En esta etapa se realizan mediciones precisas para conocer el estado real de los componentes internos del motor. Primero, se mide el diámetro y el nivel de desgaste de los muñones del cigüeñal utilizando un micrómetro. Esta herramienta permite obtener lecturas muy exactas, necesarias para detectar si existe reducción de material por fricción o desgaste excesivo. Un cigüeñal fuera de medida puede afectar directamente la presión de aceite y el funcionamiento general del motor.

Después, se verifica la ovalación y la conicidad de los cilindros con ayuda de un comparador de carátula. La ovalación se presenta cuando el cilindro pierde su forma perfectamente circular, mientras que la conicidad ocurre cuando el diámetro varía entre la parte superior e inferior del cilindro. Estas deformaciones suelen producirse por el desgaste continuo del pistón y los anillos, y pueden provocar pérdida de compresión, consumo de aceite y disminución del rendimiento.

También se miden las holguras de bancada y de biela. Estas holguras corresponden al pequeño espacio controlado que debe existir entre el cigüeñal y sus apoyos (cojinetes o metales). Si la separación es mayor a la especificada, puede generarse baja presión de aceite y golpeteo; si es menor, existe riesgo de fricción excesiva y sobrecalentamiento. Por eso, estas mediciones son fundamentales para garantizar un funcionamiento suave y seguro.

Una vez obtenidos todos los valores, se comparan con las tolerancias establecidas por el fabricante del motor. Estas especificaciones indican los límites

mínimos y máximos permitidos para cada componente. Si alguna medida se encuentra fuera de esos rangos, se deben tomar decisiones técnicas.

Finalmente, se determinan las acciones correctivas necesarias. Entre ellas puede estar el rectificado de piezas para devolverlas a una medida uniforme, el cambio de metales (cojinetes) para ajustar las holguras, o la sustitución completa de componentes que ya no cumplan con las especificaciones. Este análisis asegura que el motor, al ser armado nuevamente, opere dentro de condiciones óptimas y con mayor durabilidad.

Propósito:

Asegurar la correcta alineación, lubricación y funcionamiento interno del motor.

6.4. Reensamblaje, torquedo y sincronización del motor

Responsables: 2 personas

Actividades específicas:

En la fase de armado se comienza colocando juntas nuevas, retenes y sellos de válvula. Estos elementos son fundamentales para garantizar la hermeticidad del motor, evitando fugas de aceite, refrigerante o pérdida de compresión. Utilizar componentes nuevos en esta etapa es clave para asegurar que, una vez en funcionamiento, el motor mantenga una correcta estanqueidad y confiabilidad.

Posteriormente, se ensamblan los pistones, las bielas y el cigüeñal, cuidando estrictamente el orden y la orientación de cada pieza. Cada componente tiene una posición específica determinada por el fabricante, y respetarla es indispensable para mantener el equilibrio y la correcta distribución de esfuerzos internos. Un error

en esta parte puede generar vibraciones, desgaste prematuro o incluso daños graves al motor.

Durante el armado también se aplica el torque exacto a los tornillos de bancada, bielas y culata. Este procedimiento se realiza con una llave dinamométrica para garantizar que cada tornillo quede ajustado con la fuerza precisa. Un apriete insuficiente puede provocar aflojamiento y fallas estructurales, mientras que un exceso de torque puede dañar roscas o deformar las piezas. Por ello, seguir las especificaciones técnicas es indispensable.

Después, se procede a sincronizar el sistema de distribución, ya sea mediante cadena o banda. Esta sincronización asegura que el movimiento del cigüeñal y el árbol de levas esté perfectamente coordinado, permitiendo que las válvulas abran y cierren en el momento adecuado respecto al movimiento de los pistones. Una mala sincronización puede afectar el rendimiento del motor o causar interferencias internas.

Finalmente, antes de dar por terminado el ensamblaje, se gira el motor manualmente. Esta comprobación permite verificar que no existan puntos de fricción anormales o interferencias entre componentes. Si el giro es suave y uniforme, se confirma que el armado se realizó correctamente y que el motor está listo para las siguientes pruebas o su puesta en marcha.

Propósito:

Garantizar un ensamble seguro, preciso y alineado antes de las pruebas.

6.5. Diseño, instalación y monitoreo del sistema de refrigeración

Responsables: 2 personas

Las actividades contemplan el diseño de un circuito de refrigeración estacionario que permita controlar la temperatura del motor durante las pruebas. Este sistema debe integrar un radiador externo encargado de disipar el calor, un depósito de expansión que absorba las variaciones de volumen del refrigerante y un electroventilador que garantice el paso constante de aire a través del radiador. La correcta integración de estos elementos asegura que el calor generado por el motor pueda evacuarse de forma eficiente.

Se realiza el cálculo del flujo de aire necesario para disipar la cantidad de calor producida durante la operación. Este análisis considera la capacidad térmica del sistema, la potencia generada por el motor y las condiciones de trabajo. Determinar el flujo adecuado permite seleccionar un ventilador con la capacidad suficiente para mantener la temperatura dentro de rangos seguros.

La instalación de termopares en puntos estratégicos del sistema facilita la obtención de datos precisos. Se colocan sensores en la entrada y en la salida del radiador con el objetivo de medir la variación de temperatura del refrigerante al atravesar el intercambiador de calor. Esta diferencia térmica permite evaluar la eficiencia del sistema de enfriamiento.

El monitoreo constante de la temperatura del refrigerante y del aceite durante la operación proporciona información clave sobre el comportamiento térmico del motor. Estos parámetros permiten detectar sobrecalentamientos, deficiencias en la

lubricación o fallas en la disipación de calor, asegurando que el sistema funcione dentro de condiciones adecuadas y controladas.

Propósito:

Evitar sobrecalentamientos y garantizar estabilidad térmica durante pruebas prolongadas.

EQUIPO 2 – ELECTRÓNICA, SENSORES Y CONTROL (7 PERSONAS equipo de benjamín)

Objetivo general del equipo

Garantizar la **correcta adquisición de datos, control del motor y seguridad eléctrica** del banco de pruebas.

6.6. Implementación y validación de sensores del motor

Responsables: 3 personas

Primero, se realiza la revisión de los sensores críticos del motor, ya que estos componentes proporcionan información esencial para el sistema de inyección y encendido. Entre ellos se encuentra el sensor CKP, encargado de detectar la posición del cigüeñal; posteriormente se analiza el sensor CMP, que identifica la fase del árbol de levas; también se revisa el TPS, que mide la apertura de la

mariposa de aceleración; además, se inspecciona el sensor de temperatura y, finalmente, la sonda lambda, que evalúa la cantidad de oxígeno en los gases de escape para ajustar la mezcla aire-combustible.

Después, se procede a medir la resistencia, el voltaje y la continuidad eléctrica de cada sensor. Estas pruebas permiten comprobar que los valores se encuentren dentro de las especificaciones establecidas y ayudan a detectar posibles fallas como circuitos abiertos, cortocircuitos o variaciones fuera de rango que puedan afectar el desempeño del motor.

Luego, en caso de ser necesario, se realiza la limpieza de los sensores que presenten residuos metálicos, especialmente aquellos que funcionan mediante principios magnéticos, como el CKP. La acumulación de partículas puede alterar la señal y generar lecturas incorrectas.

Finalmente, se verifica que la señal enviada hacia la ECU sea estable y constante. Esta comprobación asegura que la información recibida por la unidad de control sea confiable, evitando fallas en el encendido, pérdida de potencia o funcionamiento irregular del motor.

Propósito:

Asegurar lecturas confiables para el control y diagnóstico del motor.

6.7. Verificación de actuadores y control del motor

Responsables: 2 personas

En una primera etapa, se verifica el pulso de inyección de los inyectores para confirmar que cada uno reciba la señal eléctrica adecuada y que el suministro de combustible ocurra en el momento preciso. Esta comprobación permite asegurar que el tiempo de apertura y la atomización sean correctos, influyendo directamente en la eficiencia de la combustión y en el desempeño general del motor.

A continuación, se evalúa el funcionamiento de la válvula IAC, responsable de regular la entrada de aire cuando el motor opera en ralentí. Su correcta operación mantiene estables las revoluciones en vacío, incluso cuando existen variaciones de carga. Un mal funcionamiento puede generar inestabilidad o apagones.

Más adelante, se realiza el ajuste de los parámetros de ralentí conforme a las especificaciones técnicas. Este procedimiento busca mantener un régimen de giro uniforme, evitando oscilaciones en las revoluciones por minuto y garantizando un funcionamiento más suave.

Para concluir, se analiza la respuesta del motor ante aceleraciones controladas. Esta prueba permite observar cómo reaccionan el sistema de inyección y el encendido frente a cambios progresivos en la demanda de potencia, verificando que no existan fallos, retrasos o pérdidas de rendimiento.

Propósito:

Lograr estabilidad del motor y respuesta adecuada en el banco.

6.8. Instalación eléctrica, arnés y panel de control

Responsables: 2 personas

Al inicio del proceso, se fabrica un arnés eléctrico simplificado que permita organizar de manera eficiente la alimentación y las señales del sistema. Este diseño busca reducir conexiones innecesarias y facilitar tanto la instalación como futuras labores de mantenimiento o diagnóstico.

Seguidamente, se seleccionan los calibres de cable adecuados en función del consumo eléctrico de cada componente. Este análisis es esencial para evitar sobrecalentamientos, caídas de voltaje o fallas por sobrecarga. Un conductor correctamente dimensionado garantiza seguridad y un funcionamiento estable del sistema.

Más adelante en el procedimiento, se lleva a cabo la instalación de los elementos principales, como la batería, la ECU, los relevadores y los fusibles. La batería suministra la energía inicial, la ECU gestiona el control electrónico del motor, los relevadores permiten manejar cargas elevadas mediante señales de baja intensidad y los fusibles protegen el circuito frente a cortocircuitos o picos de corriente.

Como parte final del montaje, se diseña e instala el panel de control, incorporando un interruptor de emergencia que permita interrumpir la alimentación eléctrica de forma inmediata ante cualquier anomalía. Este recurso incrementa la seguridad durante las pruebas y operaciones.

Por último, se elaboran diagramas eléctricos detallados que documenten cada conexión realizada. Estos esquemas sirven como respaldo técnico, facilitan la

identificación de componentes y permiten realizar modificaciones o reparaciones con mayor precisión.

Propósito:

Garantizar seguridad eléctrica, orden y facilidad de diagnóstico.

6.9. Coordinación y documentación

En cuanto a la coordinación general, se designa un integrante por equipo que asuma la responsabilidad de supervisar el desarrollo del proyecto. Esta persona se encarga de integrar los avances de cada área, dar seguimiento al cumplimiento de las actividades y apoyar en la resolución de conflictos técnicos que puedan surgir. Además, coordina la organización de las pruebas finales, asegurando que todos los sistemas estén listos y que el trabajo se realice de manera ordenada.

Respecto a la documentación técnica, se asigna un integrante por equipo con la función específica de elaborar y organizar la información generada durante el proyecto. Entre sus responsabilidades se encuentra la redacción de reportes, el llenado de bitácoras, la elaboración de diagramas y tablas, así como la formulación de conclusiones. Esta labor permite dejar constancia clara y estructurada de todo el proceso realizado.

7.Resultado esperado

El resultado esperado del proyecto es contar con un motor rehabilitado correctamente instrumentado e instalado en un banco de pruebas seguro y funcional, capaz de operar de manera estable y dentro de los parámetros técnicos establecidos. Se busca que el sistema genere datos confiables para el análisis

mecánico, térmico y electrónico, permitiendo evaluar su desempeño real bajo condiciones controladas. Además, se espera disponer de documentación técnica completa que respalde el proceso realizado y facilite futuras prácticas, ajustes o investigaciones.

Motor – \$25,000

Se adquirió para realizar el banco de pruebas. Es el componente principal del proyecto, ya que es el que nos proporciona los elementos para generar los fallos.

Tubos PTR – \$1,476

Se compraron para la fabricación y refuerzo de soportes, bases y estructura. Son importantes porque aportan rigidez, seguridad y mejor soportes adaptados a la base del motor.

Arnés – \$3,000

Necesario para la conexión eléctrica del motor y sus sensores. Es fundamental porque permite la comunicación correcta entre el motor y el sistema eléctrico del vehículo al igual para poder generar las fallas a desear con los switches y hacer el diagnóstico.

Discos – \$125

Utilizados para corte y desbaste. Son importantes para realizar modificaciones para las bases y soportes.

Llantas móviles – \$645

Adquiridas para facilitar el movimiento de estructura, banco de trabajo. Ayudan para una mejor movilidad del banco

Primer – \$114.57

Se utilizó como base anticorrosiva en la estructura de la base del motor . Es importante porque protege contra oxidación.

Tornillos y tuercas a medida – \$73.40

Comprados para fijaciones específicas que requieren medidas exactas. Como roscas milimetricas Son esenciales para asegurar correctamente los componentes y evitar desfases.

Bomba de gasolina – \$1,000

Necesaria para suministrar combustible al motor con la presión adecuada. Es fundamental para el proyecto para el funcionamiento eficiente del motor en el banco.

Caja de fusibles – \$1,000

Se compró y se instaló para proteger el sistema eléctrico contra sobrecargas ya que al probar instalaciones se queman fusibles al igual que es indispensable para la seguridad eléctrica del proyecto.

Intercambio de volante con arnés completo – \$500

Se realizó para compatibilidad mecánica y eléctrica con la nueva configuración del vehículo. Nos permitió más facilidad en conservar funciones y manejo correcto como llave presencial.

Radiador con motoventilador – \$850

Adquirido para mantener la temperatura adecuada del motor. Es vital para evitar sobrecalentamientos y proteger la vida del motor en el banco.

Soleras – \$476

Utilizadas para fabricación de soportes, adaptaciones o refuerzos estructurales.

Cables, switches y terminales – \$2,338

Comprados para realizar conexiones eléctricas entre los switches y sensores para generar fallas. Son importantes para alimentación eléctrica, controles y correcta operación de diagnóstico.

8.Diagrama de Gantt

La implementación del diagrama de Gantt, facilita la visualización del orden en que deben ejecutarse las tareas, identificando cuáles pueden desarrollarse de manera simultánea y cuáles dependen de la finalización de otras actividades. Esto contribuye a una mejor distribución de responsabilidades entre los integrantes de los equipos y optimiza el uso del tiempo y los recursos disponibles. (ANEXO 1).

9.Marco teórico

Para la elaboración de este proyecto es indispensable tener ciertos conocimientos sobre la función y construcción de un banco de pruebas, así como el funcionamiento de un motor de 4 tiempos y como intervienen los sensores y actuadores para que este realice su trabajo, esto con la finalidad de tener un mejor desempeño al momento de realizar el proyecto.

9.1. Banco de pruebas

Un banco de pruebas es un entorno controlado, físico o virtual, diseñado para experimentar, medir y evaluar el rendimiento, funcionalidad y fiabilidad de componentes, sistemas y software bajo condiciones reales o simuladas.

Estos pueden ser dispositivos o equipos estacionarios o móviles utilizados para realizar pruebas reproducibles de objetos técnicos (Delphin technologies 2026).

Tipos de banco de prueba

Se clasifican principalmente en:

- Estacionarios: son equipos industriales diseñados para simular condiciones reales de operación, permitiendo evaluar, validar, calibrar y certificar componentes mecánicos, hidráulicos o electrónicos sin necesidad de instalarlo en su máquina final. (SERVICIOS HIDRÁULICOS INDUSTRIALES 2022).
- Dinámicos: los bancos de pruebas dinámicos son plataformas diseñados para someter componentes, subconjuntos o productos completos a cargas funcionales, fuerzas de fatiga u condiciones de operación reales o simuladas mientras están en movimiento. (COMULSA 21 de mayo del 2025).

Para este proyecto se recomienda el banco de pruebas dinámico, ya que el punto es someter a un motor de combustión interna de 4 tiempos a diferentes fallos y pruebas, con la finalidad de que se puedan realizar análisis y diagnósticos de fallas en el motor.

En el área automotriz los bancos de pruebas son esenciales para medir, calibrar y validar el rendimiento de los motores en un entorno controlado, sin necesidad de

instalarlo en el vehículo (véase en la figura 1 y 2). Permitiendo diagnosticar fallas, optimizar el consumo de combustible, ajustar componentes y simular cargas de trabajo reales para garantizar durabilidad (MOTYCS 2026).

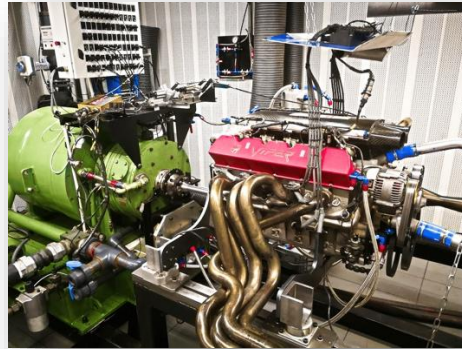


Figura 1 banco de pruebas



Figura 2 banco de pruebas

9.2. Motores de combustión interna

Un motor de combustión interna es una maquina térmica que transforma la energía química de la combustión (gasolina o diésel) en energía mecánica para generar movimiento.

¿Cómo funciona?

Funciona mediante la quema del combustible dentro de la una cámara cerrada, creando una explosión que impulsa los pistones, usando comúnmente en automóviles y maquinaria. (helloauto 2026).

Motores a gasolina

Los motores a gasolina son máquinas de combustión interna que siguen el ciclo OTTO de cuatro tiempos, siendo ideales para vehículos, maquinaria ligera y generadores debido a su potencia, respuesta rápida u menor peso en comparación con los diésels (SOLVER DCA 2017).

Partes de un motor a gasolina (véase figura 3)

- Bloque del motor: Estructura central de metal que alberga los cilindros y los pistones.
- Culata (Cabeza): Tapa superior que sella los cilindros y contiene las válvulas.
- Pistones: Piezas móviles dentro de los cilindros que comprimen la mezcla de aire/gasolina.
- Cigüeñal: Eje que convierte el movimiento lineal de los pistones en rotativo.
- Bielas: Conectan los pistones con el cigüeñal.
- Árbol de levas: Controla la apertura y cierre de las válvulas.
- Válvulas (Admisión/Escape): Permiten la entrada de aire y salida de gases.
- Bujías: Generan la chispa eléctrica para la combustión.
- Cáster: Parte inferior que funciona como depósito de aceite.
- Sistema de distribución: Sincroniza el giro del cigüeñal con el árbol de levas.
- Filtros (Aire/Aceite): Limpian el aire de admisión y el aceite lubricante.

(SOLVER DCA 2017)

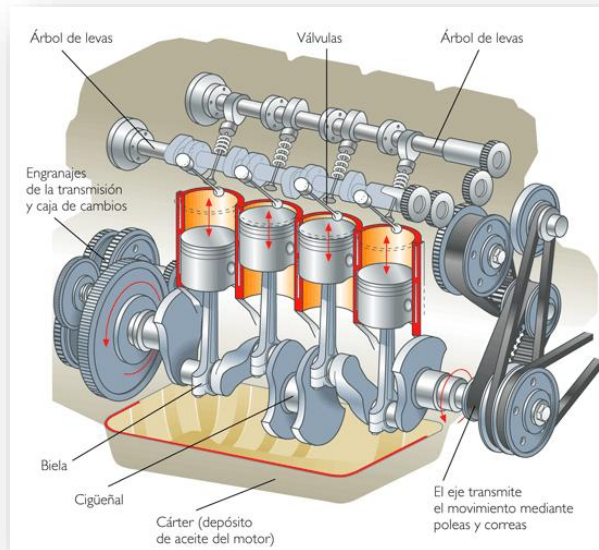


Figura 3 partes del motor

Ciclo otto

El ciclo otto es el proceso termodinámico fundamental que describe el funcionamiento de los motores de combustión interna a gasolina de cuatro tiempos, caracterizado por el encendido por chispa eléctrica (Nikolaus Otto 1876). Transforma la energía química de la gasolina en movimiento mecánico mediante 4 fases (figura 4):

- Admisión: el pistón baja, abriendo la válvula de admisión para introducir la mezcla de aire combustible.
- Compresión: el pistón sube con las válvulas cerradas, comprimiendo la mezcla u aumentando su presión y temperatura.
- Explosión: la bujía genera chispa, encendiendo la mezcla comprimida. La explosión impulsa el pistón hacia abajo, generando fuerza.
- Escape: la válvula de escape se abre y el pistón sube, expulsando los gases quemados hacia el exterior.

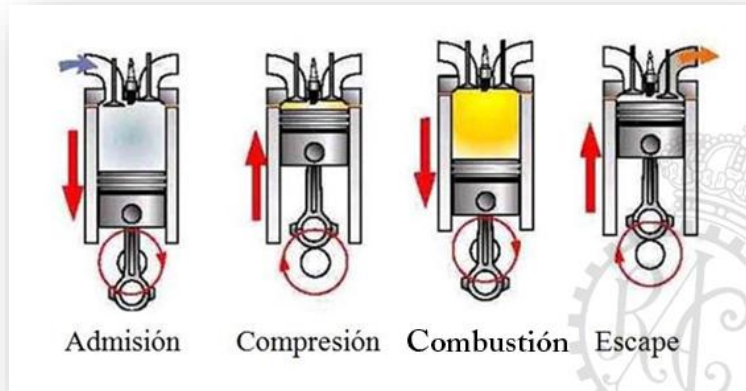


Figura 4 ciclo otto

Tipos de motores

El motor de los automóviles se puede clasificar de diferentes modos:

- Por el número de cilindros (véase figura.5).

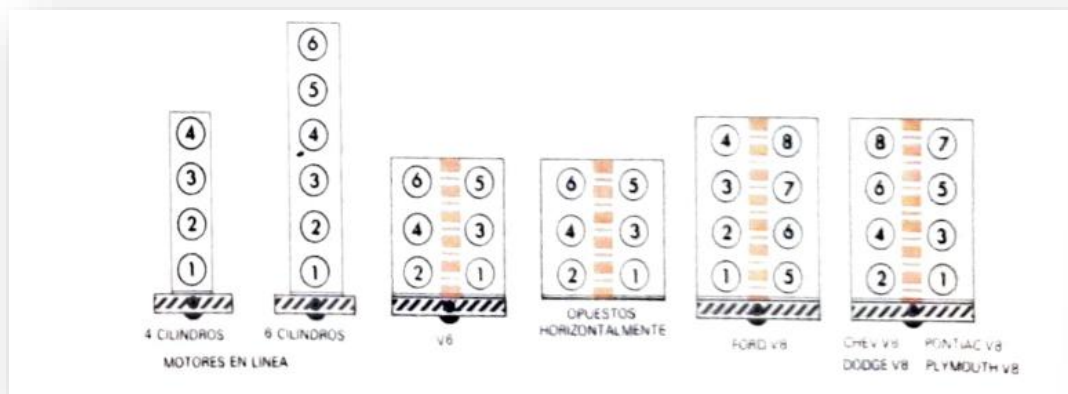


Figura 5 Numeración de cilindros

- Por la disposición de los cilindros (figura(s) 6,7,8 y 9).



Figura 6 en línea

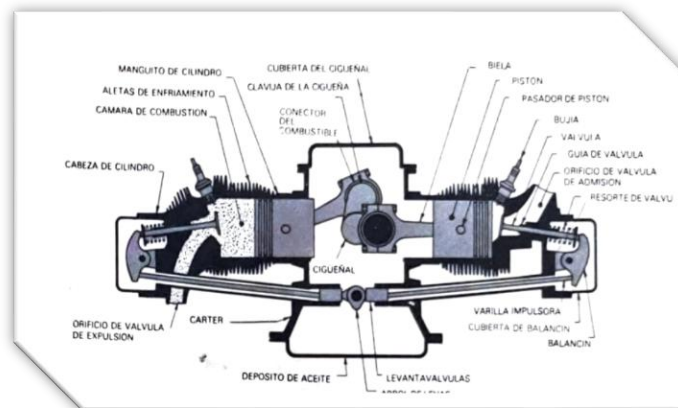


Figura 7 Cilindros en “boxer”

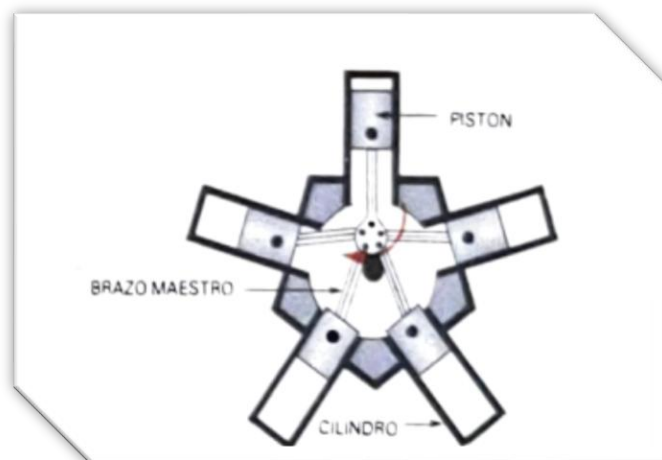


Figura 8 Cilindros en radial

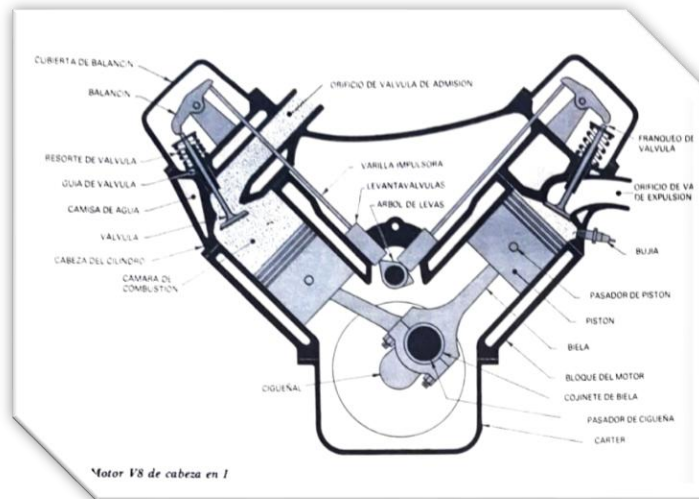


Figura 9 Cilindros en "V"

- Por los tipos de disposición de válvulas (imagen 10).

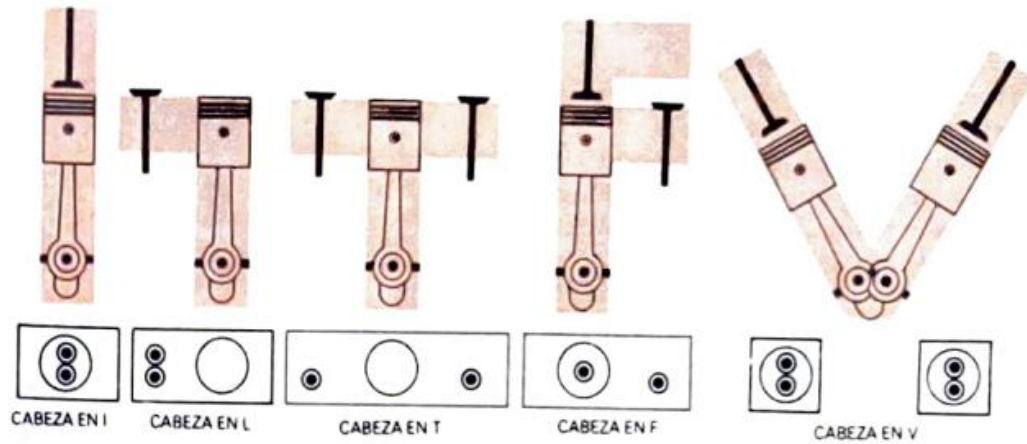


Figura 10 Disposición de válvulas

- Por el tipo de sistema de enfriamiento.
- Por el tipo de combustible.

9.3. Sistemas auxiliares y de control del motor

Sistema de distribución

El sistema de distribución tiene como función principal regular el momento exacto de apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape, permitiendo que el motor realice correctamente las fases del ciclo de cuatro tiempos. Como se explica en el libro **“teóricamente las válvulas se abren y cierran cuando el pistón alcanza los puntos muertos superior e inferior”** (McMillan, s.f.p.66). sin embargo, en la práctica esto no ocurre exactamente en esos puntos debido a que las válvulas necesitan un tiempo físico para abrirse y cerrarse completamente.

Por otro lado, si la apertura y cierre ocurrieran exactamente en los puntos muertos, **“el rendimiento del motor sería bajo, y a que las válvulas necesitan un tiempo para abrirse y cerrarse, al igual que la mezcla para arder y desplazarse por los conductos”** (McMillan, s.f, p.66). Por esta razón, el sistema de distribución trabaja con avances y retrasos calculados, conocidos como cotas de distribución.

Entre estas cotas se encuentran el avance a la apertura de admisión (AAA), el cual se define de la siguiente manera: **“para que se llene mejor el cilindro, la válvula de admisión empieza a abrirse con un ligero anticipo con respecto al PMS”** (McMillan, s.f. p.66). Este anticipo permite que, cuando el pistón inicia su carrera descendente, la válvula ya este suficientemente abierta, favoreciendo el llenado del cilindro.

De igual manera, el retraso al cierre de admisión (RCA9 permite aprovechar la inercia de los gases que continúan entrando al cilindro incluso cuando el pistón comienza a subir **“la válvula de admisión se cierra con un cierto retraso respecto al (PMI) para aprovechar la inercia de los gases que siguen entrando en el cilindro”** (McMillan, s.f, p. 66), esto mejora el rendimiento volumétrico del motor.

Un fenómeno importante dentro del sistema de distribución es el cruce de válvulas, definido en el documento como el momento en que ambas válvulas permanecen abiertas simultáneamente: **“hay un tiempo durante el cual las dos**

válvulas están abiertas, llamado cruce de válvulas” (McMillan, s.f, p.67). aunque podría pensarse que esto provoca pérdida de mezcla fresca, la velocidad de los gases de escape genera un efecto de succión que favorece la entrada de la nueva mezcla, mejorando así el rendimiento.

En conclusión, el sistema de distribución no solo coordina la apertura y cierre de las válvulas mediante elementos mecánicos como el árbol de levas y el mecanismo de transmisión, sino que también optimiza el rendimiento del motor a través de avances y retrasos estratégicamente calculados. Estos ajustes permiten mejorar el llenado del cilindro, facilitar la evacuación de gases y aumentar la eficiencia general del ciclo de funcionamiento.

Sistema de lubricación

El sistema de lubricación de un motor de combustión interna es el conjunto de componentes encargados de suministrar aceite a presión a todas las partes móviles del motor para reducir la fricción, disminuir el desgaste, disipar calor, limpiar impurezas, sellar entre anillos y cilindros y proteger contra la corrosión (Mc,Millan, s.f. p. 70). En un sistema normal o convencional el tipo más utilizado es el Carter húmedo.

En un sistema de Carter húmedo, el aceite se almacena en la parte inferior del motor, en el Carter. Cuando el motor está en funcionamiento, la bomba de aceite, que generalmente es de tipo engranes o ge-rotor, y esta accionada mecánicamente por el cigüeñal, succiona el aceite a través de un tubo de succión que incorpora un colador. Este colador evita que partículas grandes o residuos ingresen a la bomba.

Una vez que el aceite es aspirado, la bomba lo impulsa a presión hacia el filtro de aceite. El filtro retiene partículas metálicas, residuos de combustión y contaminantes que podrían dañar los componentes internos. La mayoría de los filtros incorporan una válvula anti-drenada para impedir que el aceite regrese al Carter cuando el motor se apaga (McMillan, s.f. p.70).

Después del filtrado, el aceite pasa a las galerías principales del bloque del motor. Estas galerías son conductos internos mecanizados que distribuyen el

lubricante hacia los cojinetes principales del cigüeñal (Mc.Millan, s.f. p.71). Desde ahí, el aceite fluye hacia los cojinetes de biela a través de conductos internos en el cigüeñal. En estas zonas se forma una película de lubricación hidrodinámica que evita el contacto directo metal-metal, soportando cargas elevadas mientras el eje gira.

El aceite se dirige al árbol de levas, los taques, balancines y demás componentes del tren de válvulas. En muchos motores, parte del aceite se proyecta por salpicadura hacia las paredes del cilindro y la parte inferior de los pistones. Algunos diseños incluyen inyectores de aceite que rocían directamente la base del pistón para mejorar la disipación del calor.

La presión del sistema es regulada por una válvula de alivio o reguladora de presión integrada en la bomba o en el bloque. Esta válvula se abre cuando la presión supera el valor establecido, devolviendo parte del aceite al Carter y evitando daños por sobrepresión (Mc.Milla,s.f., p. 71). La presión varía según las revoluciones del motor, la viscosidad del aceite y la temperatura, pero debe mantenerse dentro de un rango adecuado para garantizar una película lubricante estable.

En resumen, el sistema de lubricación de un motor funciona mediante la circulación continua de aceite a presión desde el Carter hacia todos los componentes críticos, asegurando que siempre exista una película lubricante entre superficies en movimiento. Es un sistema esencial para la durabilidad, eficiencia y funcionamiento seguro del motor.

Sistema de refrigeración

De acuerdo con “El mundo del motor” (2015), el sistema de refrigeración está conformada por varios componentes importantes como el radiador, bomba, termostato, conductos, ventilador, tapa y fluido refrigerante. Todos estos elementos trabajan en conjunto para controlar la temperatura de operación del motor y obtener un óptimo desempeño.

Es un sistema convencional de refrigeración líquida, el refrigerante circula a través de conductos internos del bloque y la culata, absorbiendo el calor producido

en las cámaras de combustión y alrededor de los cilindros. Este fluido es impulsado por la bomba de agua, la cual generalmente es accionada por el cigüeñal mediante una banda o cadena.

Cuando el sistema está frío, el termostato permanece cerrado, impidiendo que el refrigerante circule hacia el radiador, Esto permite que el motor alcance rápidamente su temperatura ideal de operación. Una vez alcanzada dicha temperatura, el termostato se abre progresivamente, permitiendo que el refrigerante caliente fluya hacia el radiador.

Partes del sistema de enfriamiento:

Radiador: El radiador es un sistema de refrigeración del auto que usa aire y líquido para reducir altas temperaturas que se generan en el motor debido a la combustión.

Bomba de agua: Es una bomba hidráulica cuyo objetivo es aspirar el fluido refrigerante del radiador y la hace circular por el interior del bloque y la culata para refrigerar los cilindros y la cámara de combustión. La bomba está formada por una carcasa de aleación o de fundición.

Termostato: El termostato es un elemento tipo válvula, donde se encuentra ubicada entre el radiador y el motor, como toda válvula lo que hace es regular la entrada y salida de un fluido determinado. En este caso el fluido que regula es el refrigerante del vehículo, mediante la temperatura que sale del motor y va hacia el radiador.

Mangueras o conductos: El sistema de refrigeración por lo regular consta de dos mangueras de caucho que resisten altas temperaturas y alta presión. Donde respectivamente una manguera transita fluido caliente y la otra transita el refrigerante frío.

Ventilador: El ventilador regularmente es un sistema conformado por aletas que empujan y succionan el aire, donde este tiene una importancia fundamental para el comportamiento del motor, ya que debe de enfriar el fluido refrigerante que

circula por el bloque y los pasajes principales, así como reducir la temperatura del motor.

Tapa de radiador: Esta es una pequeña tapa con función de válvula donde deja salir el vapor del fluido refrigerante al exterior al alcanzar una temperatura determinada, que por medio de un resorte acciona la válvula, abriéndola o cerrándola.

Fluido Refrigerante: Este fluido evita el calentamiento y fallas en el motor, donde se encarga de mantener que el agua normal no se congele fácilmente. En condiciones normales los líquidos se congelan al llegar a los 0 grados, sin embargo, usando el refrigerante puede descender hasta -30 grados, evitando corrosión y oxidación de piezas metálicas.

Sistema de alimentación e inyección

El sistema de alimentación e inyección es el conjunto de componentes encargados de almacenar, dosificar y suministrar el combustible al motor en la cantidad exacta y en el momento controlados por la ECU.

El proceso inicia en el tanque de combustible, que no solo almacena la gasolina, sino que también integra varios elementos importantes. En la mayoría de los vehículos actuales la bomba de combustible es eléctrica y va sumergida dentro del tanque. Esto permite una mejor refrigeración y menor riesgo de cavitación. El tanque también incorpora el módulo del aforador o sensor de nivel, que envía la señal al tablero, y un sistema de ventilación conectado al sistema EVAP (Control de Emisiones Evaporativas), cuya función es evitar que los vapores de combustible se liberen a la atmosfera.

La bomba eléctrica succiona el combustible y lo envía a través de la línea de alimentación hacia el motor. La bomba genera una presión determinada dependiendo del tipo de sistemas. En sistemas de inyección multipunto la presión suele estar entre 3 y 4 bar. En sistemas de inyección directa de gasolina la presión es mucho mayor, ya que puede superar los 100 bar, debido a que el combustible se

inyecta directamente en la cámara de combustión y debe vencer la presión interna del cilindro.

Después de salir de la bomba, el combustible pasa por el filtro. El filtro es fundamental porque retiene partículas sólidas, óxido o impurezas que podrían obstruir los inyectores. Un filtro parcialmente obstruido reduce el caudal y provoca caída de presión, lo que genera pérdida de potencia, fallas de combustión y arranques difíciles.

El combustible presurizado llega al riel de inyección. Este componente funciona como acumulador que distribuye el combustible de manera uniforme hacia cada inyector. En algunos sistemas el regulador de presión se encuentra en el riel; en otros está integrado en el módulo de la bomba dentro del tanque. El regulador mantiene constante la presión diferencial entre el combustible y el múltiple de admisión. Si la presión es demasiado alta, retorna combustible al tanque; si es baja, limita el retorno para estabilizarla.

Los inyectores son electroválvulas controladas por la ECU. Internamente tienen una bobina que, al recibir un pulso eléctrico, genera un campo magnético que levanta una aguja o válvula interna permitiendo el paso del combustible. Cuando cesa el pulso, un resorte cierra nuevamente el paso. La cantidad de combustible inyectada depende prácticamente del tiempo que el inyector permanece abierto, conocido como “tiempo de inyección” o “ancho de pulso”. Según publicaciones técnicas de la Society of Automotive Engineers, p4, 2012, la atomización fina mejora la mezcla y favorecer una combustión completa.

La ECU calcula el tiempo de inyección utilizado de señales provenientes de sensores como MAF, MAP, TPS, temperatura del refrigerante, sensor de oxígeno (lambda, CKP, CMP. En motores gasolina, la relación estequiométrica ideal es aproximadamente ideal es aproximadamente 14.7: 1, (Heywood, p 389, 1988).

Sistema de encendido

El sistema de encendido tiene como función principal generar la chispa eléctrica necesaria para iniciar la combustión de la mezcla aire-combustible en los

motores de encendido por chispa. El documento señala que la combustión se produce por “salto de chispa” (Ud01_SAM, s.f., sección 3). Y que el punto en el que ocurre directamente en el rendimiento del motor, destacando la “influencia del punto de encendido en el tipo de combustión y el rendimiento del motor. (Ud01_SAM, s.f., sección 2). Esto demuestra que la precisión en el momento de encendido es fundamental para evitar detonaciones y pérdidas de eficiencia

Entre los componentes principales del sistema se encuentra la bujía y la bobina de encendido. La bujía es la encargada de producir la chispa dentro de la cámara de combustión (Ud01_SAM, s.f., sección 4), mientras que la bobina transforma la baja tensión de la batería en alta tensión mediante el principio de inducción electromagnética descrito en el experimento de Henry-Faraday (Ud01_SAM, s.f., sección 5.1). Además, el proceso de generación de chispa está influenciado por fenómenos como los “efectos de la autoinducción en el circuito primario” (Ud01_SAM, s.f., sección 6), que afectan la intensidad y duración de la chispa.

El control del encendido puede realizarse mediante sistemas convencionales con ruptor o sistemas electrónicos más avanzados que emplean sensores como el generador inductivo o el sensor hall (Ud01_SAM, s.f., sección 7.2). Asimismo, la regulación del avance puede efectuarse de forma mecánica o electrónica (Ud01_SAM, s.f., sección 9), permitiendo adaptar el momento del incendio a las condiciones del funcionamiento del motor y optimizar su desempeño.

Sistema de alimentación

El sistema de alimentación de un vehículo es aquel que comprende los componentes que extraen el combustible del tanque, lo filtran y lo hacen llegar a presión constante al sistema de inyección.

El sistema de alimentación se compone principalmente por el tanque de combustible que sirve para almacenar el combustible, la bomba de combustible que se encarga de mover el combustible del tanque al resto del sistema, el filtro de

combustible que se encarga de remover impurezas antes de llegar al sistema de inyección y demás componentes sensibles, el regulador de presión que se encarga de que la presión sea constante y no tenga picos de subidas o bajadas, y las líneas y mangueras que sirven para mover el combustible por todo el motor y tienen un diseño hecho especialmente para soportar variaciones de presión y temperatura.

En los sistemas modernos puede existir una bomba de baja presión que por lo general se ubica por dentro del tanque de gasolina y una bomba de alta presión, especialmente en los motores de inyección directa donde se requieren niveles de presión mucho mayores que para los motores carburados para poder pulverizar la gasolina de manera correcta.

Sistema de inyección

El sistema de inyección es el encargado de dosificar y pulverizar el combustible dentro del motor en el momento preciso y en la cantidad adecuada. A diferencia del sistema de alimentación, que solo suministra el combustible, el sistema de inyección controla como y cuando se introduce en el proceso de combustión.

Este sistema está conformado por los inyectores, el riel de combustible, distintos sensores de presión y flujo de aire y combustible y la ECU o unidad de control de motor que tiene como función ser el cerebro de todo el sistema.

Los inyectores son dispositivos que atomizan el combustible en forma de una niebla fina que hace que se pueda mezclar de manera correcta con el aire. La ECU recibe la información de los sensores como el flujo de aire, presión del múltiple, posición del acelerador y sensor de oxígeno para controlar el pulso o la cantidad de combustible que se inyecta.

Existen distintos tipos de inyección, pero la más común hoy en día es la inyección directa, donde el combustible se distribuye individualmente cilindro por cilindro, permitiendo la mejor eficiencia y control de mezcla carburante.

9.4. Sensores del Automóvil

Dentro del automóvil moderno, la electrónica es importante día a día. Los sensores son los “órganos sensoriales” del vehículo con los que puede captar recorrido, posición, rotaciones, velocidad, aceleración, vibraciones, presión, caudal, temperatura y otras magnitudes de influencia.

Entre tanto, sus señales han llegado a ser indispensables para las funciones de mando y regulación de los diferentes sistemas de gestión del motor, del tren de rodaje, de seguridad y de confort. El procesamiento de datos permite finalmente evaluar con rapidez los parámetros mencionados preparándolos para las funciones previstas del vehículo.

Durante este documento se explicará las magnitudes y principios, así como funcionamiento de diversos grupos de sensores los cuales son de suma importancia dentro de un vehículo.

Principios fundamentales de los sensores automotrices

El concepto “Sensor” es equivalente a las nociones de sonda y transmisor. Los sensores convierten una magnitud física o química en una magnitud eléctrica, teniendo en cuenta magnitudes que pueden ser perturbadoras en el motor. Para los sensores las magnitudes eléctricas consideradas no son solo la corriente y la tensión, la frecuencia, el periodo, la fase, incluso la duración de impulso de una oscilación eléctrica, así como los parámetros eléctricos “resistencia” “capacidad e “inductancia” (véase figura 11).

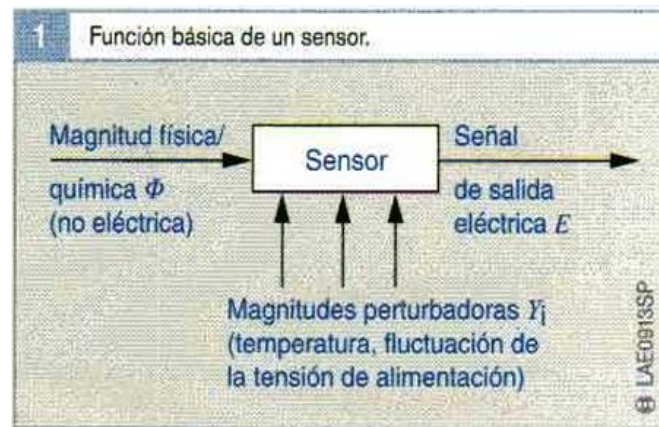


Figura 11 Función básica de un sensor

Para una correcta medición y un manejo de datos correctos en los sensores se requiere una lógica que se pueda interpretar a través de un circuito. Según Bosch (2002)

Los sensores y actuadores constituyen las interfaces entre el vehículo con sus complejas funciones de transmisión, frenado, tren de rodaje, carrocerías, conducción y navegación, y la unidad de mando. Un circuito se encarga en general de dar a las señales la forma normalizada necesaria para la unidad de control. (p.3)

En otras palabras, para un correcto funcionamiento de un motor, los circuitos de los sensores se encargan de enviar una correcta lectura a la unidad de mando (computadora de motor, módulo de control electrónico, etc.) (véase figura 12).

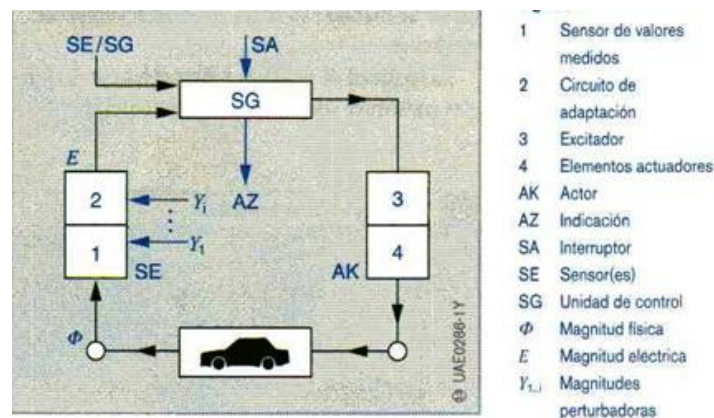


Figura 12 Los sensores en el automóvil

Hay a disposición un gran número de circuitos de adaptación integrados, a la medida de sensores especiales y ajustados a los vehículos respectivos. Constituyen un complemento esencial y muy valioso de los sensores que se describen a continuación. La aplicación de los sensores no sería posible sin el empleo de circuitos de adaptación. En realidad, la calidad de medición de los sensores sólo queda definida en unión con circuitos de adaptación.

Dentro de la industria automotriz la información de los sensores se puede relacionar con otras unidades de tratamiento (unidades de control), así como el conductor mismo a través de simples elementos de mando (tacómetro, velocímetro, indicadores de presión, etc.). Gran parte de las unidades informan al conductor sobre el estado actual de manejo o confort. La figura 13 da una idea de la multitud de sistemas electrónicos (unidades de mando) que son existentes en la actualidad y por ende son regulados por cada país, cuyo número de unidades aumenta significativamente con el pasar de años y el avance de la tecnología.

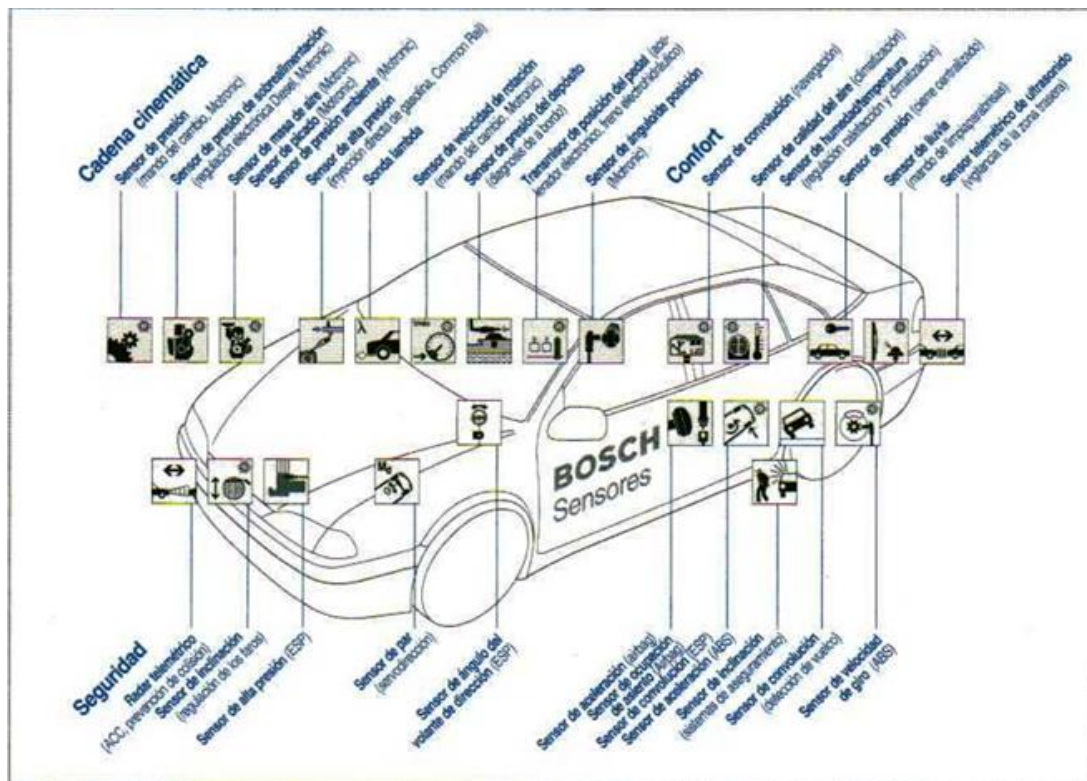


Figura 13 Multiplicidad de sistemas del automóvil equipados con sensores

Los sensores se pueden clasificar de muchas formas, pero principalmente hay dos que son representativos de la industria automotriz:

Se pueden clasificar debido a su Función y aplicación

- Sensores funcionales, destinados principalmente a tareas de mando y regulación.
- Sensores con fines de seguridad y aseguramiento (sistemas antirrobo, sistemas ADAS, etc.)
- Sensores de vigilancia del vehículo (diagnosis abordo, magnitudes de consumo y desgaste)
- Sensores indicadores de información para conductor y pasajeros (cinturones de seguridad, aire acondicionado, etc.)

Los sensores se pueden diferenciar por su señal de salida (figura 14)

Señal de corriente analógica:

- Corriente/tensión o amplitud correspondiente
- Frecuencia/duración de periodo
- Duración de impulso/factor de trabajo de los impulsos

Señal de salida discreta:

- Dos escalones (Código binario)
- De varios escalones (analógico)

Se hace además una distinción entre si la señal esta continuamente a disposición a la salida del sensor o sólo en momentos discretos.

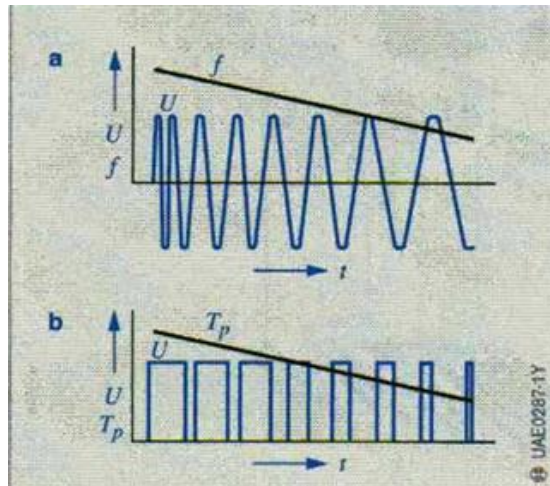


Figura 14 Formas de señales (ejemplos)

Exigencias principales, tendencias de los sensores automotrices

Al contrario de los sensores universales corrientes en el comercio, los sensores para automóviles es tán concebido para responder a las exigencias de sistemas electrónicos específicos de los vehículos motorizados (véase figura 15). Se busca principalmente en los automóviles:

Alta fiabilidad

Con arreglo a sus funciones, los sensores para automóviles se pueden ordenar en tres clases de fiabilidad según su importancia:

- dirección, frenos, protección de los pasajeros
- Motor/cadena cinemática, tren de rodaje/neumática
- Confort, diagnosis, información y protección contra el robo

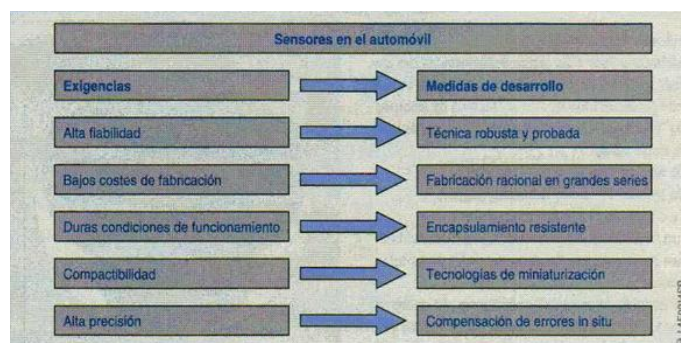


Figura 15 Exigencias principales impuestas a los sensores en el automóvil y medidas de desarrollo

Bajo costes de fabricación

Los automóviles que corresponden a la actualidad poseen alrededor de 60 a 70 sensores. Comparando con otros campos de aplicación, se busca reducir los costes de fabricación de estos sensores sin perder la fiabilidad de estos. Según Bosch (2002), “Los costes efectivos (margen típico de 2 a 50 DM) son con frecuencia más de 100 veces inferiores a los de los sensores convencionales de igual rendimiento” (p.6) En este sentido se busca mantener la fiabilidad y duración de los sensores a pesar de la producción masiva que requiere un solo automóvil.

Duras condiciones de funcionamiento

Los sensores se hallan en puntos particularmente expuestos del vehículo. Están sometidos por cargas extremas y han de resistir toda clase de esfuerzos:

- Mecánicos (Vibraciones, golpes).
- Climáticos (temperatura, humedad).
- Químicos (Salpicaduras de agua, niebla salina, aceites, ácidos).
- Electromagnéticos (irradiaciones, impulsos parásitos procedentes de cables, sobretensiones, inversión de polaridad)

Por lo siguiente, los sensores se disponen con preferencia directamente en los puntos de medición previstos. Es muy importante tomar en consideración todo lo anterior, una mala lectura puede ocasionar graves fallos en diversos sistemas.

Sensores de posición

Los sensores de posición detectan recorridos y posiciones angulares de los tipos más distintos y ocupan ciertamente el primer lugar en los sensores más usados en la industria de la automoción. En este sector se persigue pasar al uso de sensores sin contacto, que no están sometidos a ningún desgaste y ofrecen por tanto una duración más larga y mayor fiabilidad.

Los sensores de posición son clasificados a menudo entre los “sensores extensivos”, en los que el tamaño está fundamentalmente en correlación con la

magnitud de medición. Con respecto a los sensores de propagación de ondas esta característica ha de considerarse sin embargo con muchas restricciones.

Principios de medición

Sensores de potenciómetro

El potenciómetro de cursor (figura 16) utiliza para fines de medición la equivalencia existente entre la longitud de una resistencia alámbrica o de capa y su valor óhmico. En la actualidad es el sensor de posición angular más económico. Para evitar sobrecargas, generalmente esta aplica la tensión sobre las pistas de medición a través de pequeñas resistencias en serie. La forma también dada al contorno de la pista de medición influye en el trazado de la curva característica de este sensor.

Sus ventajas son las siguientes:

- Estructura sencilla y fácil de comprender.
- Efecto de medición muy grande (gran radio de medición).
- Electrónica nula.
- Amplia gama a temperaturas.
- Alta precisión.
- Amplio campo de medición.
- Ejecución de redundancia sin problemas.
- Facilidad de calibración.

Podemos encontrar como desventajas:

- Desgaste mecánico.
- Errores de medición causado por restos de abrasión.
- Problemas al emplearse en un líquido.
- Producción de ruido.

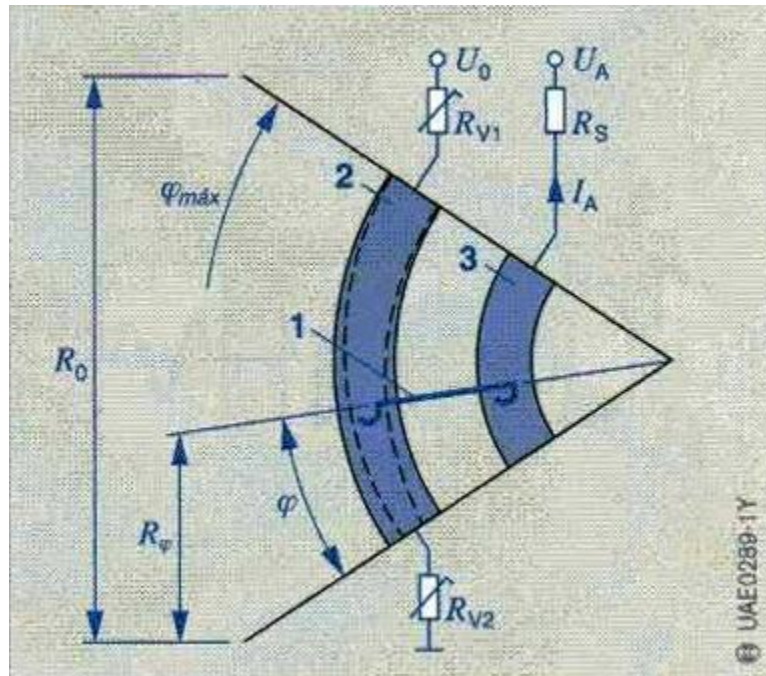


Figura 16 Potenciómetro de cursor

Sensores de presión

Las presiones se miden directamente, por deformación de una membrana o por un sensor o por un sensor de fuerza, se pueden aplicar en los siguientes casos:

- Presión de admisión, inyección de gasolina.
- Presión de frenado, frenos electroneumáticos.
- Presión de resorte de neumáticos, vehículos de suspensión neumática
- Presión de alimentación hidráulica.
- Presión de amortiguadores o sistemas de regulación de suspensión.
- Presión de cámara de combustión, detección de fallas de encendido.

La magnitud de medición “presión” se manifiesta en los gases y líquidos como efecto de fuerza no dirigida, es decir, que actúa en todas las direcciones; se propaga muy bien no solo en los líquidos, sino también en sustancias gelatinosas y masas de rellenos blandas, propiedad que es aprovechada para aplicaciones muy precisas (véase figura 17).

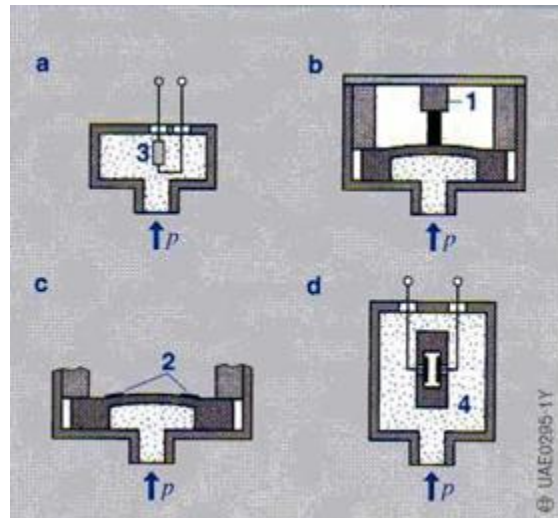


Figura 17 Medición de presión

Sensor de mariposa

Aplicación

Este sensor detecta el ángulo de giro de la mariposa de aire del motor de gasolina. Los motores equipados con el sistema Mono punto (Mono Motronic) disponen así de una señal de carga secundaria que es utilizada entre otras cosas como información adicional para funciones dinámicas, para identificar el régimen de funcionamiento (ralentí, carga parcial, plena carga) y como señal de marcha de emergencia en caso de fallar el sensor de carga principal (medidor de masa de aire). Según Bosch (2002)

Para el empleo del sensor de mariposa como sensor de carga principal se consigue la precisión necesaria mediante dos potenciómetros para dos campos angulares. El par motor exigido lo ajusta el sistema Mono Motronic mediante la mariposa de aire. (p.35)

de la mariposa (regulación de la posición). Para asegurar el funcionamiento, este sensor posee dos potenciómetros que trabajan en paralelo (redundancia) y con tensión de referencia separada.

Estructura y funcionamiento

El sensor de mariposa es un sensor angular potenciométrico de una (o dos) curva(s) características lineales. Los cursores fijados en el brazo detector sujeto al árbol de la mariposa se deslizan a lo largo de las pistas resistivas correspondientes. El ángulo de giro de la mariposa es convertido así en una relación de tensiones U_A/U_v proporcional a este ángulo, siendo la tensión de funcionamiento $U_v = 5\text{ V}$. La conexión del cursor se efectúa generalmente a través de una segunda pista de contacto de igual superficie, que tiene debajo una capa de material conductor de baja impedancia (véase figura 18).

Grafica de sensor de mariposa de dos líneas características

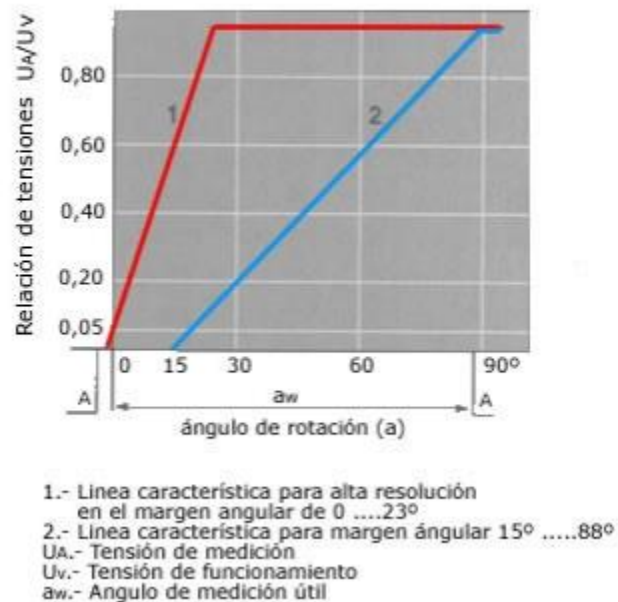


Figura 18 Gráfica de sensor de mariposa correlación a tensión

Sensores de alta presión

Los sensores de alta presión se emplean en el automóvil para medir la presión del combustible y del líquido de freno (véase figura 19), dentro de estos sistemas podemos evidenciar los siguientes:

Sensor de presión “rail” para gasolina

Este sensor mide la presión del combustible en el tubo distribuidor (rail) del sistema de inyección a gasolina MED por sus siglas en inglés “Motronic de

inyección directa a gasolina” Según Bosch (2002) “La presión que depende de la carga y de la velocidad de rotación, es de 5 a 12 Mpa (50 a 120 bares)” (p.85). La presión medida se utiliza como magnitud real para la regulación de la presión de rail.

Sensor de presión de líquido de freno

Este sensor de alta presión mide la presión del líquido de freno en el sistema hidráulico del automóvil “sistema de frenado” según Bosch (2002) “La presión es en general de 25 Mpa (250 bares). Los valores de presión máxima pueden subir hasta 25 Mpa (350 bares)” (p.85).

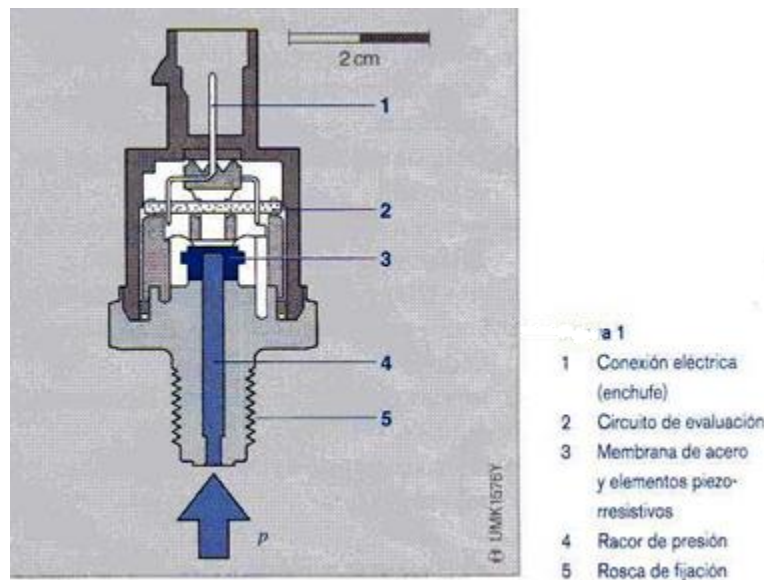


Figura 19 Sensor de alta presión

Sonda volumétrica de aire

La sonda volumétrica de aire de presión dinámica LMM es utilizada todavía en numerosos motores de gasolina equipados con determinadas versiones de un sistema de inyección L-Jetronic o M-Motronic. Se encuentra entre el filtro de aire y la mariposa. Tiene la función de detectar el flujo volumétrico de aire Q aspirado por el motor, a fin de determinar la carga según el principio de la presión dinámica (figuras 20 a 22).

Estructura y funcionamiento

El plato sonda móvil de la sonda volumétrica de aire (figura 1, pos. 1) desempeña el papel de un diafragma variable. El flujo del aire de admisión Q desplaza el plato sonda contra la fuerza constante de un muelle antagonista, de manera que la sección de paso libre se vuelve mayor a medida que aumenta el volumen de aire.

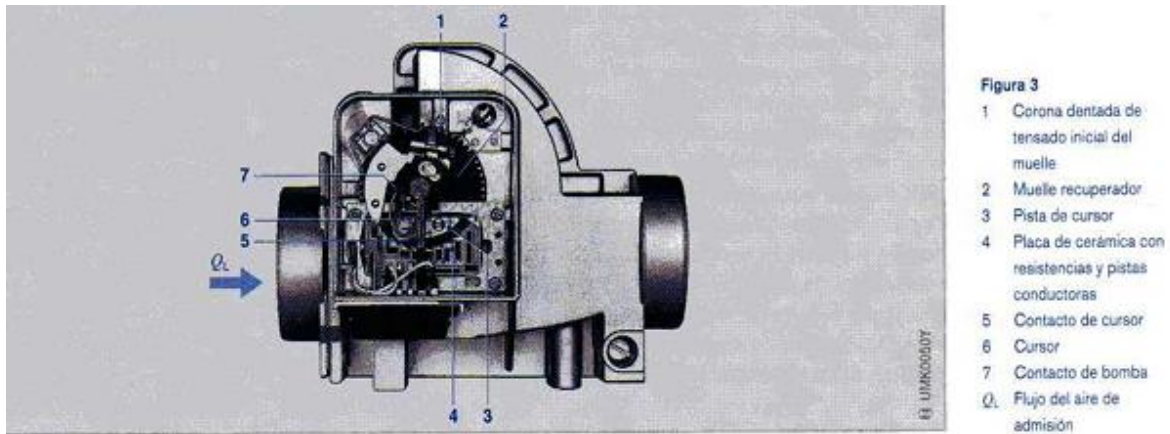


Figura 22 Sonda volumétrica de presión dinámica lado de conexiones

Sensores de gas, sondas de concentración

La concentración de una sustancia determinada indica la fracción de masa o de volumen con que está contenida en otra sustancia o en una mezcla de otras sustancias. La propiedad principal de un sensor de concentración (llamado a menudo también sonda de concentración) consiste en que es únicamente sensible a una sustancia de medición e "ignora" (en el caso ideal) a ser posible totalmente otras sustancias.

En el automóvil hay que medir las siguientes magnitudes:

- Contenido de oxígeno en los gases de escape (regulación de la combustión, vigilancia del catalizador),
- contenido de monóxido de carbono, de óxido de nitrógeno y de humedad en el habitáculo (calidad del aire, empañamiento de los vidrios del vehículo),
- humedad del aire en sistemas de freno neumáticos (vigilancia del secador de aire),
- humedad del aire exterior (aviso de superficie helada),
- concentración de hollín en los gases de escape de motores Diesel, aunque es un problema todavía no resuelto. Contrariamente a las concentraciones de gas antes mencionadas, se trata aquí de una concentración de partículas. La función de medición la dificulta adicionalmente la circunstancia de que las partículas pueden obturar el sensor hasta ser éste incapaz de funcionar.

La introducción de pilas de combustible como sistema de tracción de automóviles exigirá ciertamente el desarrollo de otros sensores de gas, como . para la detección de hidrógeno.

Principios de medición

Las sustancias para medir se presentan en estado gaseoso, líquido o sólido, habiéndose desarrollado por ello en el transcurso del tiempo un gran número de métodos de medición. Según Bosch (2002) “Hasta el presente para la técnica del automóvil es sólo de interés el campo del análisis de gases, con su sector especial de la medición de la humedad en forma gaseosa” (p.108). La tabla 1 ofrece una vista de conjunto de los métodos utilizados en la técnica general de medición.

Tabla 1

Procedimientos físicos	Procedimientos fisicoquímicos	Procedimientos químicos
Conductibilidad térmica	Calor de reacción	Absorción selectiva
Procedimientos magnéticos	Calor de absorción	Absorción selectiva y transformación química previa
Absorción de radiación	Reacción cromática característica	
Cromatografía en fase gaseosa	Conductibilidad electrolítica	X
Procedimientos radioactivos	Procedimientos electroquímicos	X

Procedimientos de análisis de gases en la aplicación automotriz.

Medición de gases en general

Los sensores de gas, que generalmente están expuestos directamente y sin protección al medio a medir (es decir, a sustancias extrañas), corren el riesgo de sufrir un daño irreversible. Este daño recibe también la designación de "envenenamiento" de la sonda. así, por ejemplo, el plomo eventualmente contenido en el combustible o en los gases de escape puede hacer inservibles las sondas electrolíticas de oxígeno (sondas lambda).

Medición de la humedad

Junto al papel esencial que desempeña la sonda de oxígeno (sonda lambda) en lo que se refiere a los gases de escape, hay que atribuir asimismo una gran importancia a la medición de la humedad del aire.

La humedad indica por extensión el contenido de agua en sustancias gaseosas, líquidas y sólidas.

Sensores de temperatura

La medición de la temperatura en el automóvil se efectúa de modo casi exclusivo mediante termo-metros de contacto constituidos por materiales resistivos de coeficiente de temperatura positivo (CTP) o negativo (CTN), aprovechando su dependencia de la temperatura. La conversión de la resistencia eléctrica en una tensión analógica se realiza casi siempre mediante el complemento de una resistencia térmicamente neutra o de sentido opuesto, formando un divisor de tensión (efecto linealizado). Según Bosch (2002) “Últimamente, desde la introducción de la tecnología de microsystemas, para la realización de la mayoría de las funciones de seguridad pasiva y de confort (detección de la posición de los pasajeros para el disparo del airbag, regulación de la climatización de acuerdo con la temperatura de la piel, des empañamiento de los cristales) se utilizan sensores de temperatura sin contacto (piro métricos), cuya fabricación es cada vez más económica.” (p.119)

La temperatura de medios gaseosos o líquidos puede medirse en general sin problemas en cualquier punto local. La medición de la temperatura de cuerpos sólidos se limita casi siempre a la superficie. La mayoría de los sensores de temperatura utilizados necesitan un estrecho contacto directo del elemento sensible con el medio en cuestión (termómetro de contacto), para tomar con la máxima precisión la temperatura del medio. Ciertos casos especiales requieren, sin embargo, la aplicación de sensores sin contacto, que determinan la temperatura de

un cuerpo o medio en virtud de su radiación térmica (infrarroja) (termómetro de radiación pirómetro, cámara térmica).

Por regla general, un sensor de temperatura debe reproducir, a ser posible sin error, la distribución local de la temperatura, así como su variación en función del tiempo.

Sensor de temperatura del motor

Este sensor está montado en el circuito del líquido refrigerante (figura 1), con el fin de determinar la temperatura del motor a partir de la temperatura del refrigerante (campo de medición $-40...+130\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Sensor de temperatura del aire

Este sensor montado en el tramo de admisión registra la temperatura del aire aspirado con la que es posible calcular, en combinación con un sensor de presión de sobrealimentación, la masa de aire aspirada.

Sensor de temperatura del aceite de motor

La señal del sensor de temperatura del aceite de motor se emplea para calcular los intervalos de servicio (campo de medición $-40...+170\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Sensor de temperatura del combustible

Está montado en la zona de baja presión del combustible Diesel. Con la temperatura de éste se puede calcular con exactitud el caudal inyectado (campo de medición $-40...+120\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Sensor de temperatura de los gases de escape

Este sensor se monta en puntos térmicamente críticos del sistema de escape. Se emplea también para regular sistemas de tratamiento ulterior de los gases de escape. La resistencia de medición es generalmente de platino (campo de medición $40...+1000\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Estructura y funcionamiento

Existen sensores de temperatura de distintas formas constructivas, según su campo de aplicación. Dentro de un cuerpo hay montada una resistencia termosensible de medición, de material semicon-ductor. Normalmente tiene ella un coeficiente de temperatura negativo (CTN), raramente un coeficiente de temperatura positivo (CTP), es decir, que su resistencia disminuye o aumenta drásticamente al subir la temperatura.

La resistencia de medición forma parte de un circuito divisor de tensión alimentado con 5 V. La tensión que se mide en la resistencia depende, por tanto, de la temperatura. Esta se lee a través de un convertidor analógico-digital y es una medida de la temperatura del sensor. La unidad de control del motor tiene almacenada una curva característica que indica la temperatura correspondiente a cada valor de resistencia o tensión de salida.

Seguiremos con los sensores más importantes del automóvil que permiten su correcto funcionamiento del motor y otros sistemas anteriormente habladas. Es importante recalcar que siguen entrando en varias categorías por lo cual se hablara de su función, principio y ventajas o desventajas así mismo como la importancia de este sensor.

Sensor de nivel de combustible

Aplicación

La tarea de este sensor es detectar el nivel actual de llenado del depósito de combustible y transmitir una señal correspondiente a la unidad de control y/o al instrumento indicador en el cuadro de instrumentos del vehículo. Junto con la electrobomba de combustible, el filtro de combustible, etc., este sensor constituye una parte integrante de las unidades que están montadas en los depósitos de gasolina o gasóleo y aseguran la alimentación fiable del motor.

Estructura

El sensor de nivel (figura 23 y 24) consta de un potenciómetro encapsulado estanco al combustible y conectado en forma de resistencia variable, un brazo cursor (resorte cursor), conductores impresos (contacto doble), una placa portarresistencias y conexiones eléctricas. La palanca en cuyo extremo se encuentra el flotador (orientable o fijo, en función de la aplicación) de nitrófilo resistente al combustible, está fijada en el eje giratorio (pivote) del potenciómetro y, por tanto, también en el resorte cursor. El diseño de la placa portarresistencias y la forma del flotador y de su palanca están adaptados a la conformación respectiva del depósito de combustible.

Situación del sensor de nivel dentro del depósito

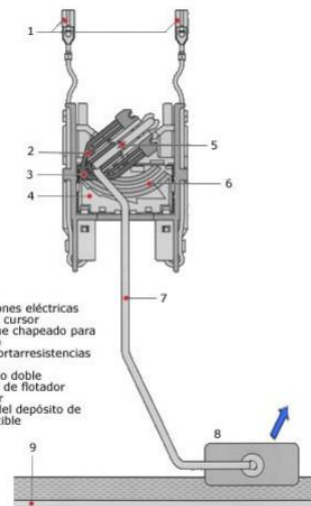
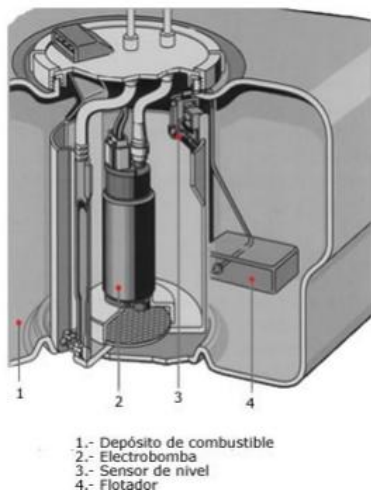


Figura 23 Ubicación del sensor de gasolina
sensor de nivel de combustible

Figura 24. Componentes del

El funcionamiento es dependiente a las pistas resistivas del sensor. Según Bosch (2002)

Al variar el nivel de combustible, el brazo detector, fijamente unido a través del pivote con la palanca del flotador, se desliza con sus cursores especiales (remaches chapeados para contactos) a lo largo de las pistas resistivas del potenciómetro doble. Entonces transforma el ángulo de giro del flotador en una relación de tensiones proporcional al ángulo. Unos topes de fin de carrera

limitan el margen angular de 100° para los niveles mínimo y máximo. La tensión de funcionamiento es de 5...13 V. (p.68)

Tipos de sensores

1. **Sensores de posición (recorrido/ posición angular):** Dispositivos que determinan la posición lineal o angular de un elemento mecánico. Se emplean para detectar la posición del cigüeñal, árbol de levas, mariposa de aceleración y otros actuadores, permitiendo a la unidad de control conocer la referencia exacta de movimiento o ubicación

Sensores específicos

CKP (Crankshaft position sensor o sensor de cigüeñal) (figura 25)

CMP (Camshaft position Sensor o sensor de árbol de levas)

TPS (Throttle position sensor o Sensor de posición de mariposa)

EGR (EGR position sensor o sensor de posición de válvula EGR)

APP (Aceleración Pedal Position o sensor de posición de acelerador)

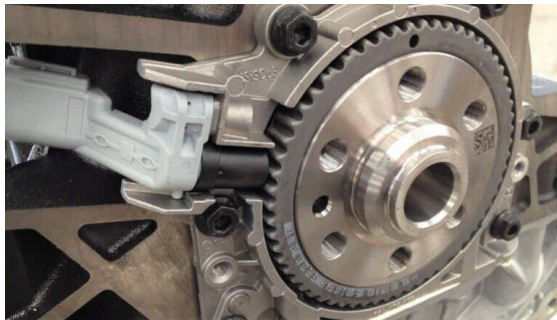


Figura 25

Sensores magnetostáticas: Detectan campos magnéticos estáticos o variaciones en ello (efecto hall o magnetorresistivo).

Aplicaciones: Sensor hall árbol de levas

Sensor tipo hall

El sensor Hall detecta la presencia de variación de un campo magnético y lo convierte en una señal eléctrica que puede ser interpretada por una ECU u otro

modulo electrónico. A diferencia del sensor inductivo, el Hall necesita alimentación externa (generalmente 5v o 12v) para funcionar y produce una señal digital o analógica, dependiendo de su diseño (véase figura 26).

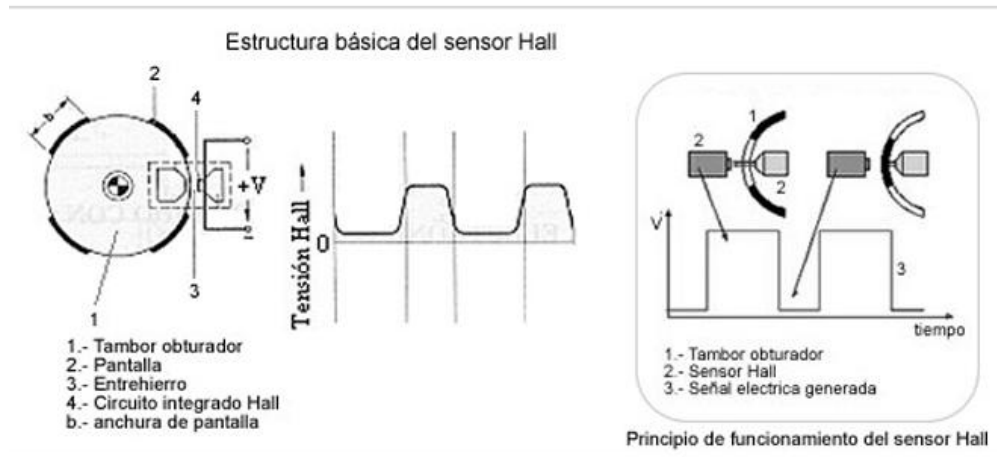


Figura 26 Estructura del sensor hall

sensor de tipo inductivo

Los sensores de tipo inductivo son aquellos que funcionan mediante inducción electromagnética. Detectan cambios en un campo magnético cuando un objeto metálico se acerca.

Los sensores inductivos más comunes son:

- CKP
- CMP
- Sensor ABS

Ventajas de los sensores inductivos:

Bajos costes de fabricación

- Alta estabilidad a perturbaciones: baja resistencia interna estática (más elevada en modo dinámico) ninguna electrónica local (pasividad eléctrica) que haya de ser protegido

- Ningún problema en caso de derivas de la tensión continua (principio de mediación dinámico)
- Amplio margen de temperaturas (depende sobre todo de la masa de llenad)

Desventajas

- Límites de reducción del tamaño constructivo en caso de tecnología de bobinado convencional
- Señal de salida dependiente de la velocidad de rotación, no sirve para movimientos casi estáticos
- Sensibilidad a variaciones del entre hierro

Sensores de presión: Convierten presión de fluidos en señales eléctricas proporcionales. Se emplean en la medición de presión de admisión, presión eléctrica proporcional, presión de combustible y presión de sobre alimentación.

Sensores específicos

- *MAP (Mainfold Absolute Pressure o presión absoluta del múltiple de admisión) (véase imagen 27)*
- *OPS (Oil Pressure Sensor o sensor de presión de aceite) (véase imagen 28)*
- *BPS (Boost Pressure Sensor o sensor de presión de sobrealimentación)*



Figura 27 Sensor MAP

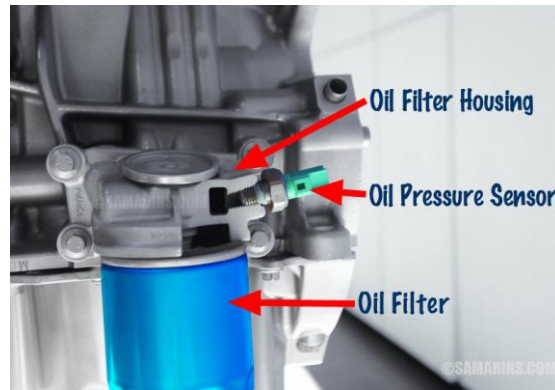


Figura 28 sensor de presión de aceite

Sensores de caudal: Dispositivos destinados a medir la cantidad o masa de fluido que circula por la unidad de tiempo. En motores se emplean principalmente para medir el caudal de aire de admisión o combustible.

Sensor MAF (Mass Air Flow o Sensor de masa de aire) (véase figura 29)



Figura 29 Sensor MAF

Sensores de gas/Sondas de concentración: Sensores que determinan la concentración de determinados gases en los gases de escape o en el aire de admisión. Un ejemplo típico es la sonda lambda (véase figura 30), que mide la concentración de oxígeno para el control de mezcla de aire-combustible

Sensores específicos



Figura 30 Sonda lambda

Sensores de temperatura: Dispositivos que miden la temperatura de diferentes medios (refrigerante, aire, aceite, gases de escape), generalmente mediante termistores o resistencias dependientes de la temperatura, convirtiendo la variación térmica en señal eléctrica.

Sensor ECT (engine Coolant Temperature o temperatura de refrigerante)

Sensor IAT (Intake Air Temperature o temperatura del aire admisión)

Sensor de temperatura de aceite

Sensor de pedal acelerador

Aplicación

El deseo de aceleración, de marcha constante o de reducir la velocidad lo manifiesta el conductor en un motor de mando convencional accionando con el pedal acelerador la válvula de mariposa del motor de gasolina o la bomba de inyección del motor Diesel, mecánicamente a través de un cable o un varillaje. Según Pérez S.(2004)

Cuando el motor está equipado con un sistema de mando electrónico, un sensor de pedal acelerador (también llamado transmisor de posición del pedal) realiza la función de la unión mecánica. El detecta el recorrido o la posición angular del pedal y lo transmite eléctricamente a la unidad de control

del motor. Como alternativa al sensor individual (figura inferior posición "a") existen también módulos de acelerador (b, c) como unidades listas para el montaje, compuestas de pedal y sensor en el mismo conjunto. Estos módulos no requieren trabajos de ajuste en el vehículo. (p.56)

10. PROCEDIMIENTOS

En este apartado se detalla el proceso práctico que se ha estado llevando a cabo para el desarrollo y armado de nuestro banco de pruebas, utilizando el motor del Honda City 1.5L 2017. Para asegurarnos de que el proyecto se complete y llevar un control adecuado de todas las tareas, organizamos las actividades de trabajo apoyándonos en un diagrama de Gantt.

El diagrama de Gantt nos ha ayudado a ordenar todo el proyecto de una manera mucho más clara, dividiéndolo en etapas principales y subetapas, asignando tiempos y definiendo qué actividades deben realizarse antes de poder avanzar a las siguientes.

El objetivo de este apartado es documentar los avances logrados por etapa. A continuación, se describen paso a paso las actividades que se lograron concretar, los detalles de cómo se fue resolviendo las tareas en la marcha y cómo va tomando forma física esta primera fase de la construcción del banco de pruebas.

Cabe mencionar que el registro de actividades o procedimiento comenzará en la Etapa 2. Esto se debe a que la Etapa 1 fue puramente documental e informativo, ya que corresponde principalmente al Marco teórico. Por lo tanto, el proceso real y las actividades físicas de construcción del banco inician en la Etapa 2.

Etapas 2. Definición de criterios y planeación para adquisición de motor.

Con el objetivo de garantizar la correcta selección del motor para el desarrollo del proyecto, se establecieron una serie de criterios técnicos y administrativos que permitirán evaluar la viabilidad de su adquisición. Estos criterios fueron definidos considerando las necesidades operativas del proyecto, el presupuesto disponible y las condiciones físicas del componente. Los criterios fueron los siguientes:

- Disponibilidad del motor.
- Facilidad de adquisición y transporte.
- Condición física y mecánica del motor.
- Compatibilidad con el sistema del vehículo.
- Costo total de adquisición.

El motor fue inspeccionado por primera vez el día 3 de marzo de 2026 (véase figura 31), con el propósito de evaluar visualmente su estado general y determinar si es viable dentro del proyecto. Durante esta revisión se analizaron aspectos como el estado del bloque del motor, componentes externos, sistema de admisión, posibles faltantes, daños estructurales visibles y condiciones generales del compartimiento del motor.



Figura 31 adquisición del motor Honda City

Asimismo, se realizó una evaluación inicial de los elementos que deberán ser situados o reacondicionados antes de su puesta en funcionamiento, tales como mangueras, sistema de enfriamiento, conexiones eléctricas, soportes, sensores y demás componentes auxiliares. Esta inspección permitió estimar el nivel de investigación requerido para lograr el funcionamiento adecuado del motor y garantizar su integración con el sistema del vehículo.

De acuerdo con lo observado, el motor presenta condiciones aceptables para su recuperación, aunque requiere trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo, así como la reposición de algunos componentes faltantes. A pesar de ello, la estructura principal del motor se encuentra en condiciones muy buenas.

El plan para la adquisición del motor consiste principalmente en la elaboración y presentación de una solicitud formal de apoyo económico dirigido a la dirección general de la UNIVERSIDAD MODELO. Esta solicitud tiene como finalidad obtener los recursos necesarios para cubrir el costo del motor, estimado en \$25,000.00. dentro de esta solicitud se incluirá la justificación técnica del componente, su importancia dentro del proyecto, el beneficio académico que representa y el impacto en el desarrollo de las actividades prácticas.

Finalmente, la adquisición del motor representa una etapa fundamental dentro del desarrollo del proyecto, ya que permitirá continuar con las fases de diagnóstico, rehabilitación, montaje y pruebas de funcionamiento, asegurando así el cumplimiento de los objetivos establecidos.

Etapas 2. Adquisición del motor y registro fotográfico inicial.

La adquisición del motor se llevó a cabo el día 24 de marzo de 2026, conforme a la planeación previamente establecida y tras la autorización del apoyo económico destinado para el desarrollo del proyecto. Esta etapa representó un punto clave dentro del proceso, ya que permitió disponer físicamente del componente principal para iniciar las actividades de diagnóstico, evaluación técnica y reacondicionamiento.

Una vez realizada la compra, se procedió al traslado del motor hacia las instalaciones del taller automotriz de la UNIVERSIDAD MODELO, tomando en consideración las medidas de seguridad necesarias para evitar daños durante su manipulación. Posteriormente, se efectuó una inspección visual inicial con el propósito de documentar el estado general del motor al momento de su recepción. Esta revisión incluyó la verificación de componentes externos, estado del bloque, sistema de admisión, conexiones disponibles, soportes, así como la identificación de piezas faltantes o dañadas.



Figura 32 Adquisición del motor

Como parte del proceso de documentación, se realizó un registro fotográfico inicial del motor desde diferentes ángulos (véase figura 32, 33, 34). Este registro tiene como finalidad contar con evidencia visual del estado original del componente antes de realizar cualquier intervención mecánica. Las imágenes obtenidas servirán

como referencia para comparar el antes y después del proceso de rehabilitación, además de respaldar técnicamente las actividades realizadas durante el desarrollo del proyecto.



Figura 33 Inspección del Motor



Figura 34 Motor

ETAPA 3. Diseño conceptual del banco y definición de subsistemas

Para realizar el boceto de la base del banco de pruebas, es necesario considerar diversas medidas clave para su correcta concepción, tales como las dimensiones del motor: altura, largo y anchura; así como el espacio que ocupará el tablero con sus cables, conexiones, caja de fusibles, entre otros elementos (véase imagen 32).

Dimensiones del motor:

Altura: 64 cm

Ancho: 40 cm

Largo: 65 cm

Al tomar las medidas del motor, también se consideró el espacio adicional que ocupan las mangueras, sensores y conexiones que se encuentran directamente acoplados al mismo. Así como diversos sistemas que forman parte del sistema de potencia que no son directamente el motor de combustión interna, como es el caso del radiador o el múltiple de escape. El largo de la base donde se asentará la sección del tablero dio un total de 50 cm.

Una vez obtenidas las medidas totales necesarias para el banco de pruebas, el equipo decidió añadir una holgura de 20 cm en ambos extremos, con el fin de contar con un margen adecuado que facilite la maniobra y el trabajo durante el proceso de fabricación.

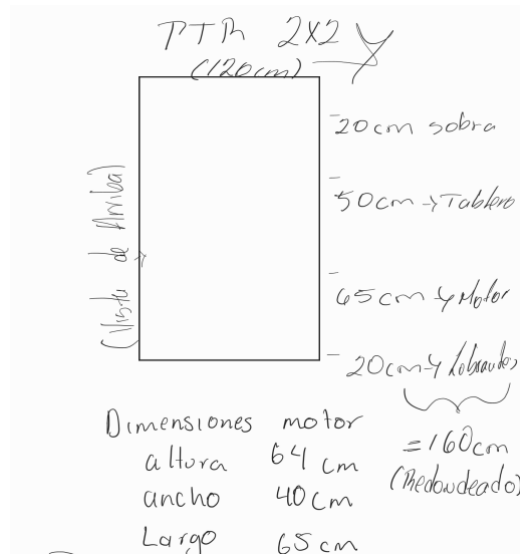


Imagen 32. Dimensiones del motor

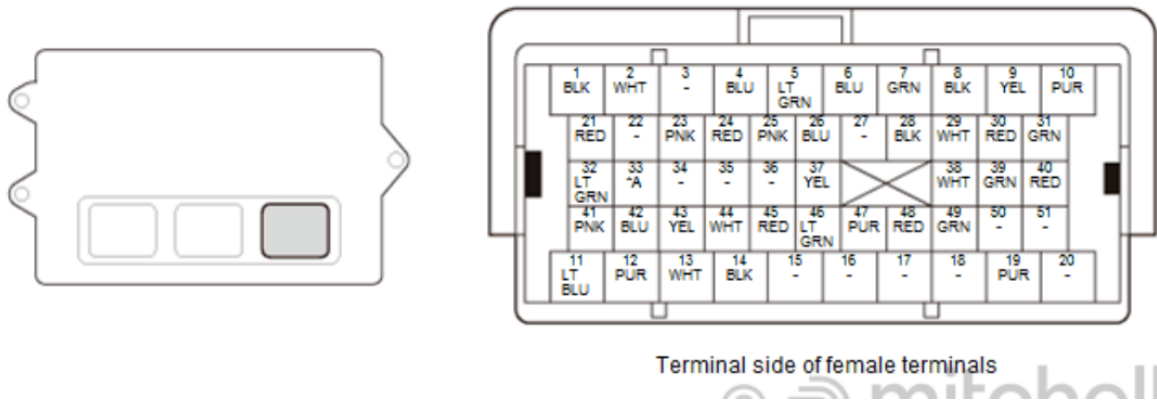
ETAPA 4. Análisis del sistema de encendido y sistema eléctrico necesario para el banco

Durante esta etapa se analizó el sistema de encendido para comenzar a realizar pruebas en cableado, al ser un banco de pruebas la idea principal es la idealización de las fallas, el objetivo es que se puedan presentar en un automóvil real, para esto se buscaba encontrar las conexiones de la ECU a los sensores, en esta etapa se encontraron muchas adversidades, la primera limitante fue que los diagramas del Honda City son exclusivos de Vietnam, se intentó durante esta etapa conseguir diagramas sobre las conexiones, estos diagramas son esenciales para el encendido del motor, ya que permiten conocer el sistema eléctrico y conexiones de los diversos componentes necesarios para el correcto encendido del motor. Estos siendo, por ejemplo: sensores (CKP, CMP, sonda lambda, MAF, APP, ETC, sensor de detonación, etc..), actuadores (cuerpo de aceleración, motor de arranque, inyectores, EGR, bobinas, bomba de gasolina, etc.).

Dentro de los bancos de datos no se pudo encontrar los diagramas específicos para el modelo utilizado en el proyecto, este siendo el Honda City, en su lugar se encontraron los diagramas eléctricos y técnicos para el Honda FIT, que al

ser un modelo de la misma marca y de una gama similar al utilizado en el proyecto, se pudieron encontrar similitudes en los diagramas eléctricos y técnicos que el equipo utilizó para realizar y comprender las conexiones eléctricas. (véase imagen 33).

La información no fue del todo compatible debido a que hay componentes de distintas calidades y características, y la infraestructura general también presenta discrepancias.



ETAPA 4. Representación del sistema de encendido

La importancia de los diagramas automotrices es fundamental para el proyecto, ya que permiten tener una visión clara de qué sistemas funcionan y cuáles no son prioritarios. En esta etapa, se logró conseguir los diagramas en vietnamita, mediante herramientas de traducción se logró extraer cierta información importante, aunque esta seguía siendo limitada en ciertos aspectos. Sin embargo, los pines de la computadora se lograron representar y la información restante se obtuvo de la página CARMIN (véase imagen 34); con esto se representó gran parte de los sensores y actuadores clave para verificar su integridad.

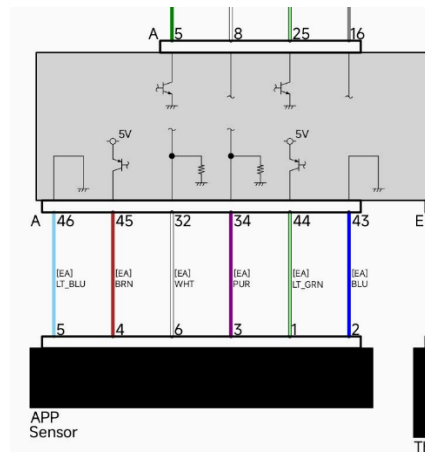


Imagen 34. Diagrama eléctrico de la aplicación móvil CARMIN

Con este apoyo se lograron avances en el cableado eléctrico, además de realizar la limpieza de sensores, la identificación de los sensores principales del motor, el reconocimiento de arneses correspondientes a cada sensor y la correcta identificación de positivos, negativos y señales.

Para concluir la Etapa 2, se solicitaron módulos de gran importancia que permiten la correcta distribución de voltajes y corrientes para la activación de los distintos componentes. En el sistema de encendido se requiere el módulo de activación de llave (Keyless o Start Button), el cual añade cierto nivel de complejidad al proyecto, esto debido a que el sistema no cuenta con una llave de navaja, y el sistema de seguridad se regula mediante una clave única codificada en una bobina dentro de la llave de presencia. Lo que aumenta y complica los sistemas necesarios para encender el motor. De cualquier manera, resulta esencial para que el automóvil pueda encender. Asimismo, es fundamental contar con el sistema de inmovilizador del vehículo, ya que este permite suministrar voltaje a otros sistemas necesarios para el encendido del vehículo.

Etapa 5. Mantenimiento de motor inicial y subsistemas, construcción de la base del banco y clasificación

Al llegar el motor al taller de la universidad, se le realizó una limpieza general para descartar que el bloque u otros sistemas de importancia presenten daños

importantes o golpes que hubieran estado camuflados por la suciedad, esto por un mal almacenamiento en el taller. Se analizó toda la cablería para identificar qué piezas faltan para el arranque, se realizó una limpieza del cuerpo de aceleración y se espera la respuesta por parte del proveedor del motor ante la falta de dos cajas de fusibles para poder arrancar el motor y descartar alguna falla interna que se pueda presentar.

Durante la etapa de construcción, se tomaron en cuenta las mediciones que acordaron ambos equipos del banco de pruebas para la construcción de la base.

Se utilizaron dos barras (12 metros) de tubo de PTR para hacer una estructura que permita sostener nuestro motor, se construyó a una altura de 90 centímetros respecto al suelo incluyendo las ruedas, suficientemente baja para modificar partes del motor sin necesidad de una escalera para trabajar de una manera más ergonómica, y suficientemente alta como para no tener que agacharse para modificar la mayoría de los componentes.

Adicional a la estructura principal, se adaptaron piezas de PTR y partes solera que se anclan a los soportes originales del motor y van siempre apoyados con la estructura principal del banco a distancias estratégicas unos de otros (véase imagen 35 y 36).

El banco de pruebas cuenta con ruedas que se adaptan a la parte de abajo para que se pueda trasladar por el taller sin mayor complicación, y en casos específicos, resulte relativamente sencillo subirlo a un vehículo de carga para trasladarlo a otros edificios de la universidad.

Etapa 6. Preparación del motor, preparación del sistema de encendido y conexión de sensores, construcción del tablero y accesorios de importancias.

Para preparar el motor que se va a utilizar en el proyecto se debieron hacer varios ajustes y preparaciones para asegurar que el motor encienda en el momento

dado. Estas preparaciones se realizaron con el apoyo de los profesores presentes al momento de trabajar en el motor.

Se realizó afinación básica, lo que incluye cambio de aceite y filtro de aceite, cambio de bujías, chequeo de compresión en los pistones y algunas pruebas con multímetro para analizar si los componentes requeridos para el correcto encendido del motor, aunque no se pueda encender en ese preciso momento debido a la falta de algunos componentes fundamentales como podría ser la volanta del motor.

Como última actividad se comenzó con la preparación del tablero de fallas y pruebas. Este tablero consiste en una rejilla impresa en 3D, rejilla en la cual se colocarán switches analógicos para permitir o cortar el paso de corriente. Posteriormente se analizaron los cables salientes de la computadora, para identificar la función de cada uno, marcarlos correspondientemente para poder posteriormente realizar el puente eléctrico que se va a utilizar para simular las fallas.

El cómo se van a simular las fallas es un proceso simple. Básicamente se identificaron las corrientes de los sensores y actuadores principales, a estos se les agregó el switch análogo que funge como apagador. De esta manera se logra ver con detenimiento y detalle cómo se comporta el motor cuando esos componentes no están funcionando.

Se realizaron terminales para los cables salientes de los switches, posteriormente los cables de los respectivos sistemas fueron cortados para adjuntar el sistema realizado. Todo esto para finalizar instalando el panel de interruptores dentro de la estructura destinada al motor.

Adicional a este proceso, otra parte del equipo se destinó a comenzar a montar el radiador. Componente fundamental dentro del correcto funcionamiento del motor, ya que este se encarga de mantener la correcta temperatura en el componente refrigerante principal, siendo este el anticongelante del motor.

Se realizaron las mediciones para diseñar una base para el radiador que consiste en dos postes de solera de acero dulce con aberturas para el paso de tornillos de soporte. Estos tornillos, sumado a la estructura deben soportar el peso

del radiador, moto ventilador y el volumen de anticongelante que circulara dentro de este, por lo que el soporte debe ser firme y resistente a la vez de ser ligero y no interponerse en el correcto paso del aire hacia las venas del radiador.

Como último paso dentro de esta etapa se debió completar la adquisición de componentes necesarios para el encendido del motor, esto incluyendo una caja de fusibles, un arnés y otros diversos componentes que se instalaron posteriormente.



Imagen 35. Construcción de la base del banco de pruebas

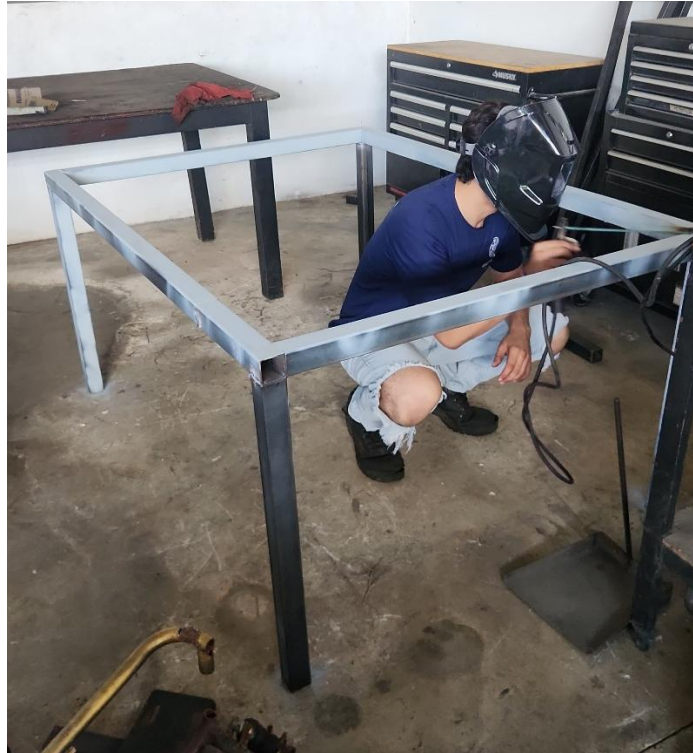


Imagen 36 Soldadura de la base del banco de banco de pruebas

Etapa 7. Montaje del motor y subsistemas en sus respectivas bases con soportes adicionales.

Una vez concluida la fabricación de la estructura principal destinada al montaje del motor, se procedió con la elaboración e instalación de los elementos de soporte encargados de sujetar las bases de este. Esta etapa fue desarrollada cuidadosamente con el propósito de garantizar una correcta alineación y centrado del motor dentro de la estructura, asegurando así una distribución uniforme del peso y de las cargas generadas durante su funcionamiento. (véase en la imagen 37).

Asimismo, el diseño y posicionamiento de estos soportes tuvo como finalidad reducir al mínimo la presencia de vibraciones y movimientos indeseados que pudieran afectar la estabilidad del sistema, el desempeño del motor o la integridad de la estructura. Para ello, se verificaron las medidas y puntos de fijación correspondientes, permitiendo que el motor quedara firmemente sujeto y con la orientación adecuada para futuras pruebas y operaciones.

De igual manera, la correcta instalación de las bases contribuye a disminuir el desgaste prematuro de los componentes mecánicos y a mejorar la seguridad durante el funcionamiento del conjunto, ya que un montaje estable evita desalineaciones y posibles fallas ocasionadas por esfuerzos excesivos o vibraciones constantes.



Imagen 37. motor montado en base

En primer lugar, se planeó, diseño y construyo el soporte del radiador y moto ventilador. Este fue diseñado para que soporte el peso del radiador montado, tomando en cuenta el peso del ventilador y el peso generado por el volumen del anticongelante que circula dentro de este. En resumen, este soporte consiste en dos laminas de solera de acero dulce con aberturas, con estas aberturas se busco aprovechar el diseño del mismo radiador y fijar con tornillos. (imagen 38).



Imagen 38 Base del radiador

Posteriormente se aprovecharon las aberturas que funcionarían como tornillos de unión a la transmisión para construir en su lugar un soporte diseñado para soportar la mayor parte del peso del motor, este soporte consiste en un pilar de PTR que al extremo se le soldó un trozo de solera, este trozo cuenta con dos aberturas a las que se les diseñó el soporte con forma de “c”.(imagen 39 y 40).



Imagen 39 Base lado transmisión

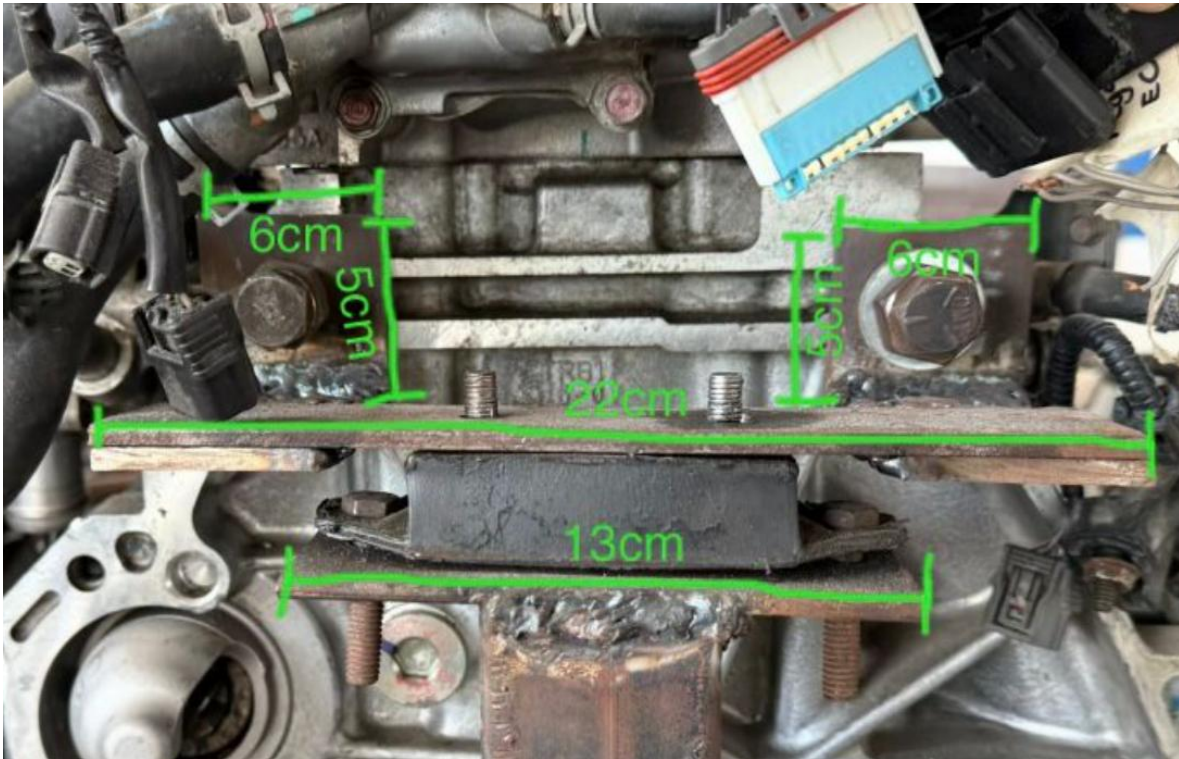


Imagen 41 Base lado transmisión

En el otro lado de la armadura se instaló el soporte principal de motor, el cual es un dispositivo que elimina las vibraciones generadas por este mediante un fluido hidráulico. Al soporte se le soldó un pilar de PTR al que se le hicieron los huecos correspondientes para la instalación de este soporte.

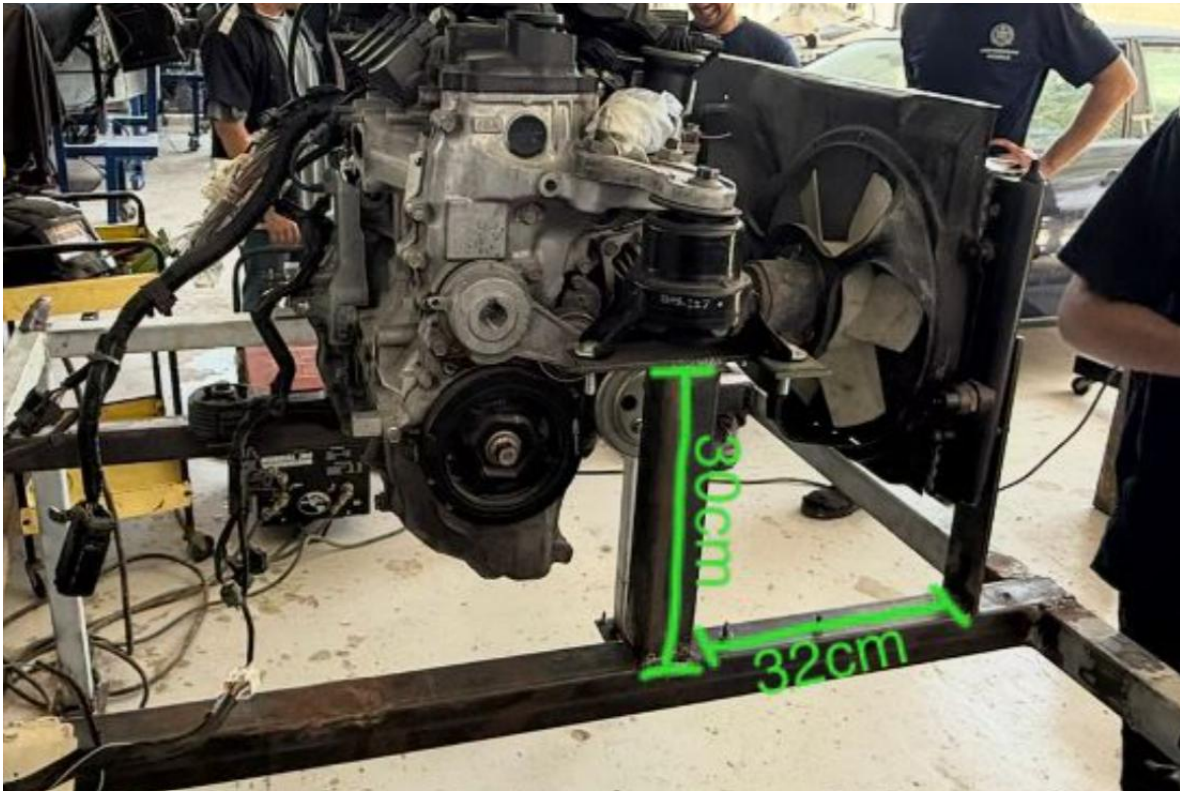


Imagen 42 Base principal

Por último, se realizó la instalación de los soportes de torción, estos soportes no tienen como objetivo sujetar el motor como tal, sino que se encargan únicamente de reducir las vibraciones producidas por este al estar encendido. En total fueron dos soportes de torción que se componen casi en su totalidad por caucho y plástico flexible. (imagen 43).



Imagen 43 Tensor

11. Anexos y Bibliografías

- Autocosmos. (2015, 24 agosto). *¿Cómo funciona un sistema de inyección de combustible?* Autocosmos. <https://noticias.autocosmos.com.mx/2015/08/24/como-funciona-un-sistema-de-inyeccion-de-combustible>
- *¿Como funcionan los inyectores de combustible?* (s. f.). www.cummins.com. Recuperado 3 de marzo de 2026, de <https://www.cummins.com/es-la/es/news/2023/10/19/how-do-fuel-injectors-work>
- Comulsa – *¿Qué es una prueba dinámica de motores?* Comulsa. (2025, 21 mayo). *¿Qué es una prueba dinámica de motores y por qué es tan importante?* <https://www.comulsa.com/blog/que-es-una-prueba-dinamica-de-motores-y-por-que-es-tan-importante>

- Delphin – Test Stands (engl.)
Delphin Technology AG. (2023, 19 septiembre). *Test stands: Definition, application areas and technology*. <https://www.delphin.de/en/test-stands/>
- *Funcionamiento Detallado del Sistema de Inyección Electrónica Automotriz | Tecnología Industrial | Xuletas, chuletas para exámenes, apuntes y trabajos*. (s. f.). <https://www.xuletas.es/ficha/funcionamiento-detallado-sistema-inyeccion-electronica-automotriz>
- Mecanicaautomotrizdgm. (2018, 24 febrero). *Sistema De Combustible, Alimentación e Inyección*. MECANICA AUTOMOTRIZ
- [MECANICA AUTOMOTRIZ – información esencial que te ayudara a saber un poco mas del mundo automotriz](#)
- Motycs – Principios generales de bancos de prueba
MOTYCS. (s. f.). *Principios generales – Bancos de prueba*. <https://motycs.it/es/principios-generales-bancos-a-prueba/>
- *Mundo del Motor*. (2015). *Sistema de refrigeración, qué es, partes y cómo funciona*. Recuperado de <https://www.mundodelmotor.net/sistema-de-refrigeracion/>
- RO-DES – Motores gasolina RO-DES. (s. f.). *Mecánica – Motores gasolina*. <https://www.ro-des.com/mecanica/motores-gasolina/>
- Solverdca – Motor de combustión interna: partes que lo integran
Solverdca. (2025, 5 abril). *Motor de combustión interna, partes que lo integran*. <https://www.solverdca.com.ar/motor-de-combustion-interna-partes-que-lo-integran/>

- Vickers Hydraulics – Banco de pruebas

Vickers-Hydraulics. (s. f.). *Banco de pruebas*. <https://vickers-hydraulics.com.mx/blog/banco-de-pruebas/>

ANEXOS

1. Diagram de GANTT del proyecto.

[illegible]

