



**PROYECTO FINAL DE CARRERA
(P F C)**

Ingeniería y diseño de un banco de pruebas didáctico para un motor a combustión interna.

Tutor: Cimetta, Julio Cesar.

**Alumnos: Carmona, Aníbal Emilio.
Reniero, Alan Javier.
Steven, Germán.**

Preparó: Carmona, Aníbal; Reniero, Alan; Steven, Germán	Revisó:	Aprobó:	Página 1 de 4
---	---------	---------	---------------

Agradecimientos

De manera muy especial queremos agradecer a nuestros padres, por habernos proporcionado desde casa la mejor educación y lecciones de vida con su apoyo constante. En especial por habernos enseñado que con esfuerzo, trabajo y constancia todo se consigue, confiando en nuestras decisiones. Por alentarnos a seguir adelante por más que haya etapas duras en la carrera, siendo fundamental para llegar a lograr nuestro objetivo.

A nuestros amigos de siempre, por su apoyo y estar a nuestro lado sin importar el paso del tiempo ni la distancia, compartiendo alegrías y tristezas.

A los amigos que conocimos en la Facultad, con los cuales formamos un grupo magnífico y vivimos grandes momentos. Fueron personas cruciales en la etapa de estudio por medio del aliento, intercambio de valores y experiencias.

En la realización del Proyecto Final de Carrera:

Deseamos agradecer al Ing. Julio Cimetta por aceptar ser nuestro tutor del Proyecto Final de Carrera, por su confianza, asesoramiento y orientación en la realización de este trabajo.

De manera especial queremos darle las gracias a Rubén Steven, propietario de Refrigeraciones Alaska II, por el apoyo en todo momento y su disponibilidad para el avance de todas las partes del Trabajo, además de facilitar las herramientas de su taller y materiales a disposición.

Además, darles las gracias a Ing. Rene Giqueaux y a Néstor Muñiz (jefe de taller de concesionaria BANCHIK) por brindarnos todo sus conocimientos ante el surgimiento de dudas y ofreciendo su ayuda en todo momento.

Por último, nuestro agradecimiento a la Facultad, por haber puesto todo a disposición como espacio de estudio y trabajo. La vivencia personal y profesional en la que nos sumergimos para lograr el grado de Ingenieros Electromecánicos, nos permitió dar un salto cualitativo hacia una posición estratégica y ver el mundo desde otra perspectiva.

Preparó: Carmona, Aníbal; Reniero, Alan; Steven, Germán	Revisó:	Aprobó:	Página 2 de 4
---	---------	---------	---------------

Resumen Ejecutivo

En este presente trabajo se realiza el diseño y montaje de un banco de pruebas multidisciplinario con fines didácticos de un motor Peugeot con denominación EC5, a partir de la disposición del motor estándar ya en funcionamiento sobre una plataforma en el laboratorio de Mecánica donde estaba limitado solo a la posibilidad de encendido y observación de su funcionamiento.

El banco de pruebas cuenta con tres partes bien definidas: medición de potencia, sensores de motor y red de comunicación CAN-BUS del motor. Se lleva a cabo el estudio de estos tres sistemas previamente de forma profunda en el transcurso del proyecto para entender los principios de funcionamiento, el comportamiento ante diferentes condiciones y su respectiva verificación.

Para diseñar el sistema de medición de potencia se procede a analizar los diferentes dispositivos relacionados al frenado de un motor y evaluar el más conveniente para el motor en cuestión. Se instala un dinamómetro hidráulico que utiliza agua como fluido de trabajo. En conjunto, se dispone de los elementos electrónicos referentes a la medición de sus parámetros y un software para almacenarlos y concluir con la gráfica de potencia que identifica al motor.

Se construyen dos tableros en el frente del torpedo del banco de pruebas, uno para pruebas de sensores del motor y otro para la red de comunicación de CAN-BUS, donde se tiene a disponibilidad los puertos de los terminales de cada sistema. El fin de los mismos es facilitar mediciones y su respectiva recolección de datos.

Para complementar, se redacta un manual de uso integral para el banco de pruebas, donde se dispone de la información necesaria para el mantenimiento, pasos para su puesta en marcha e instrucciones de los procedimientos que se pueden llevar a cabo en las pruebas de forma segura.

Preparó: Carmona, Aníbal; Reniero, Alan; Steven, Germán	Revisó:	Aprobó:	Página 3 de 4
---	---------	---------	---------------

Abstract

In this present work, the design and assembly of a multidisciplinary test bench for teaching purposes of a Peugeot engine with denomination EC5, from the disposition of the standard engine already in operation on a platform in the Mechanics laboratory where it was limited only to the possibility of ignition and observation of its operation. The test bench has three well-defined parts: power measurement, motor sensors and CAN-BUS communication network of the motor. The study of these three systems is carried out in depth in the course of the project to understand the operating principles, the behavior under different conditions and their respective verification. To design the power measurement system, we proceed to analyze the different devices related to the braking of an engine and evaluate the most suitable for the engine in question. A hydraulic dynamometer is installed that uses water as a working fluid. As a whole, we have the electronic elements related to the measurement of its parameters and software to store them and conclude with the power graph that identifies the engine. Two panels are built on the front of the torpedo of the test bench, one for testing the engine sensors and the other for the CAN-BUS communication network, where the ports of the terminals of each system are available. The purpose of these is to facilitate measurements and their respective data collection.

Preparó: Carmona, Aníbal; Reniero, Alan; Steven, Germán	Revisó:	Aprobó:	Página 4 de 4
---	---------	---------	---------------

Proyecto Final de Carrera ⁽¹⁾

Ingeniería y diseño de un banco de pruebas para un motor a combustión interna.

Situación problemática / Oportunidad

El laboratorio Mecánica de la Universidad Tecnológica Nacional de nuestra Facultad Regional Concepción del Uruguay (UTN-FRCU) dispone de un motor Peugeot tipo EC5 para uso didáctico, situación que ofrece grandes oportunidades para la enseñanza/aprendizaje en las prácticas de laboratorio en las cátedras de la carrera de ingeniería electromecánica.

Antecedentes cronológicos

Noviembre de 2015: Peugeot Argentina donó para fines didácticos y de estudios a nuestra sede UTN-FRCU, a través su representante local Banchik SA, un automóvil Peugeot 308-1.6L/16v-MT N Allure, modelo 2015.

Junio de 2017: Un grupo de estudiantes inicia y lleva adelante un PFC con el objeto de sustituir el sistema motriz original de combustión interna del automóvil por una motorización eléctrica con baterías recargables. Como consecuencia el motor original a combustión interna quedaría disponible en laboratorio de mecánica a la espera de un fin didáctico. Así, un grupo de trabajo entre estudiantes avanzados y docentes analizó en conjunto con el laboratorio de mecánica, la factibilidad y los recursos materiales y espacios para el desmontaje motriz en el propio laboratorio, dando origen a una Práctica Profesional Supervisada (PPS).

Agosto 2018: Los objetivos de la PPS fueron: en primer lugar extraer el motor manteniendo las características y funcionalidades solicitadas por el proyecto de transformación eléctrica del automóvil y en segundo lugar realizar el montaje y puesta en marcha del motor sobre una plataforma dentro del Laboratorio de Mecánica para estudio de las cátedras relacionadas con la carrera Ingeniería Electromecánica.

Concluida la PPS el motor se encontraba con la posibilidad de permanecer en marcha y observar los parámetros del tablero de fábrica.

Marzo 2018: Los alumnos que participaron de la PPS descrita, se embarcan en un nuevo desafío pedagógico. Defender su proyecto Final de Carrera (PFC) mediante la generación de una atractiva didáctica para la UTN-FRCU, desarrollando un “banco de pruebas multidisciplinario” que permita a los alumnos y comunidad educativa analizar su funcionamiento, características mecánicas, eléctricas y electrónicas del motor en cuestión. También genera la posibilidad de comenzar con múltiples desarrollos, como por ejemplo estudios de eficiencia.

Justificación

Un banco de pruebas didáctico es un sistema formado por una serie de elementos que permiten la simulación del comportamiento de un motor y sus características operativas en condiciones controladas, utilizando para ello una serie de instrumentos de control y otros de medida. Actualmente la carrera Electromecánica no cuenta con la posibilidad de realizar estudios prácticos sobre motores modernos a combustión interna, limitando el estudio y los proyectos relacionados con propulsión de automóviles como: rendimientos, impacto ambiental, combustibles alternativos, desarrollos tecnológicos e interactuar con los sensores/actuadores aplicados en la industria.

Las prácticas de laboratorio sobre un motor a combustión interna fortalecerán el anclaje y la integración real de contenidos teóricos en mecánica, electrónica, termodinámica y otras materias relacionadas.

Marco teórico de referencia y estado del arte

Actualmente los bancos de pruebas son una pieza indispensable para la industria automotriz. Están muy desarrollados a nivel internacional ya que se utilizan para testear los motores comerciales y dan un nivel de referencia de la calidad de los productos. Aplicados en universidades dan origen a investigaciones, ensayos y mejoras de rendimiento, como también se utilizan en el deporte automotriz, para los motores de competición en todas sus categorías.

Para realizar estas pruebas, es necesario un dispositivo de freno en conjunto con elementos de medida. Los frenos que normalmente se utilizan son:

- Dinamómetros hidráulicos.
- Dinamómetros de corriente continua.
- Dinamómetros de corriente alterna asíncronos o de jaula de ardilla.
- Dinamómetros síncronos o de imanes permanentes.
- Dinamómetros de corrientes parásitas de Foucault.
- Dinamómetros de fricción.
- Dinamómetros de freno aerodinámico.

Los frenos más utilizados en la zona son los dinamómetros hidráulicos colocados de forma pivotante. Actualmente hay empresas que ofrecen estos equipos, la mayoría son equipos que se venden en forma de paquete (Freno, elementos de medición, interfaz, etc.), lo cual implica un costo elevado.

(1) Proyecto Final de Carrera

Según la **Ordenanza 1029** se establece que, para finalizar la carrera Ingeniería Electromecánica, se debe elaborar un Proyecto Final de Carrera, el cual denominaremos en adelante PFC, el mismo deberá atender a alguna de las incumbencias de nuestra carrera y resolver una situación problemática real.

Según la resolución 1254/2018, en el anexo VI, se especifican estas actividades, adjuntas a continuación.

Resolución 1254/2018. ANEXO VI.

Actividades profesionales reservadas al título de ingeniero electromecánico.

C-PFC-1804D – “Ingeniería y diseño de un banco de pruebas para un motor a combustión interna”

INTRODUCCIÓN Y SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

Rev.02

1. Diseñar, calcular y proyectar máquinas, equipos, dispositivos, instalaciones y sistemas eléctricos y/o mecánicos; sistemas e instalaciones de automatización y control y sistemas de generación, transformación, transporte y distribución de energía eléctrica, mecánica y térmica.
 2. Proyectar, dirigir y controlar la construcción, operación y mantenimiento de lo anteriormente mencionado.
 3. Certificar el funcionamiento, condición de uso o estado de lo mencionado anteriormente.
 4. Proyectar y dirigir lo referido a la higiene y seguridad en su actividad profesional.
- En este trabajo podrán encontrar los detalles de los distintos aspectos de la situación problemática planteada y a continuación la solución que hemos desarrollado a través de las sucesivas etapas de trabajo, como Ingeniería básica, ingeniería en detalles y memorias de cálculo.

Objetivos:

General:

Diseñar un banco de pruebas multidisciplinario para un motor EC5 de combustión interna a gasolina, para realizar actividades aplicadas en diversas cátedras, desarrollar experimentación e innovación. El mismo debe ser apropiado para las instalaciones del laboratorio de mecánica de la facultad.

Específicos:

Investigar los distintos sistemas:

- Medición de potencia y torque de un motor de combustión interna.
- Sensores principales del motor EC5.
- Comunicación y control CAN-BUS.

Medir potencia y torque, permitir la obtención de las características operativas del motor tanto en condiciones de funcionamiento normal como en situaciones adversas de carga.

Analizar el sistema de comunicación y control CAN-BUS que el vehículo tiene originalmente entre los módulos electrónicos.

Construir un bien didáctico y funcional, que aporte un crecimiento en el conjunto de equipos del laboratorio de mecánica.

Indagar y analizar los protocolos de ensayos de prueba de funcionamiento de este tipo de motores, como también para medición de potencia.

Facilitar el banco de pruebas a disposición de trabajos de mejora con otros PFC.

Alcances.

Seleccionar el sistema de medición de potencia más adecuado para el motor EC5, evaluando su viabilidad para concretar su realización en el PFC.

Investigar todos los principales sensores presentes en el motor de fábrica.

Diseñar y armar el banco de pruebas, utilizando y modificando los componentes que se tengan a disposición.

Facilitar un estudio global a partir del banco de pruebas que permita analizar las posibles fallas que tienen los sensores del motor y también cómo testear el estado de cada uno de ellos.

Adaptar un tablero con los puertos de los diferentes sistemas sensoriales para testear el estado y funcionamiento de la red de comunicación entre los módulos de control del motor.

Medir la potencia instantánea y torque desarrollado por el motor.

Realizar un manual con los protocolos de puesta en marcha del motor y de ensayos competentes al banco de pruebas diseñado.

Crear una herramienta de estudio para las actividades prácticas realizadas en conjunto con los cursos de inyección electrónica y mecánica dictados en nuestra facultad.

Impacto.

Educativo: Dejar un bien común en la facultad permitiendo que los alumnos puedan observar y aprender de un motor.

Económico: Posibilidad de utilizar el motor montado para desarrollar cursos de inyección electrónica y mecánica.

Social: Generar un vínculo entre la facultad y la empresa donante del automóvil.

Plan de Entregas

Plan de entregas parciales		Plan de Entregas		
		Rev01	Rev02	Aprob
A-Anexo II-PFC-1804 (Ingeniería y diseño de banco de pruebas de combustión interna.	1°	16/04/2018		25/04/2018
B-PFC-1804 Carátula-Resumen Ejecutivo-Agradecimientos	8°	02/07/2018		
C-PFC-1804 Introducción y Situación Problemática	2°	04/06/2018		
D-PFC-1804 Objetivos-Alcance-Plan de trabajo.	3°	04/06/2018		
E-PFC-1804 Ingeniería básica.	4°	11/06/2018		
F-PFC-1804 Ingeniería de Detalles.	5°	02/07/2018		
G-PFC-1804 Memorias de Cálculos	6°	02/07/2018		
H-PFC-1804 Anexos Complementarios	6°	02/07/2018		
I-PFC-1804 Presentación para la defensa	7°	16/07/2018		
Fecha estimada de presentación Anexo III +1 Cop papel +3 cop DVD				30/07/2018
Fecha de defensa Pública				14/09/2018

Índice

Solución	1
1- Medición de potencia	2
2- Análisis de componentes electrónicos del motor	5
3- Análisis del sistema de comunicación y control CAN-BUS	7
4- Manual de funcionamiento	8

Solución

Un banco de pruebas que incluya la facilitación de diferentes sistemas para su uso didáctico e investigación que se pueden analizar en un motor, ya sea eléctrica, electrónica y mecánica, de esta manera incluir la mayor cantidad de cátedras relacionadas con los mismos. Al analizar la situación, se plantea armar un banco de pruebas donde su funcionamiento se puede diferenciar en los siguientes sectores:

- 1- Medición de potencia.
- 2- Tablero de pruebas de sensores.
- 3- Tablero de pruebas de sistema de comunicación y control CAN-BUS.

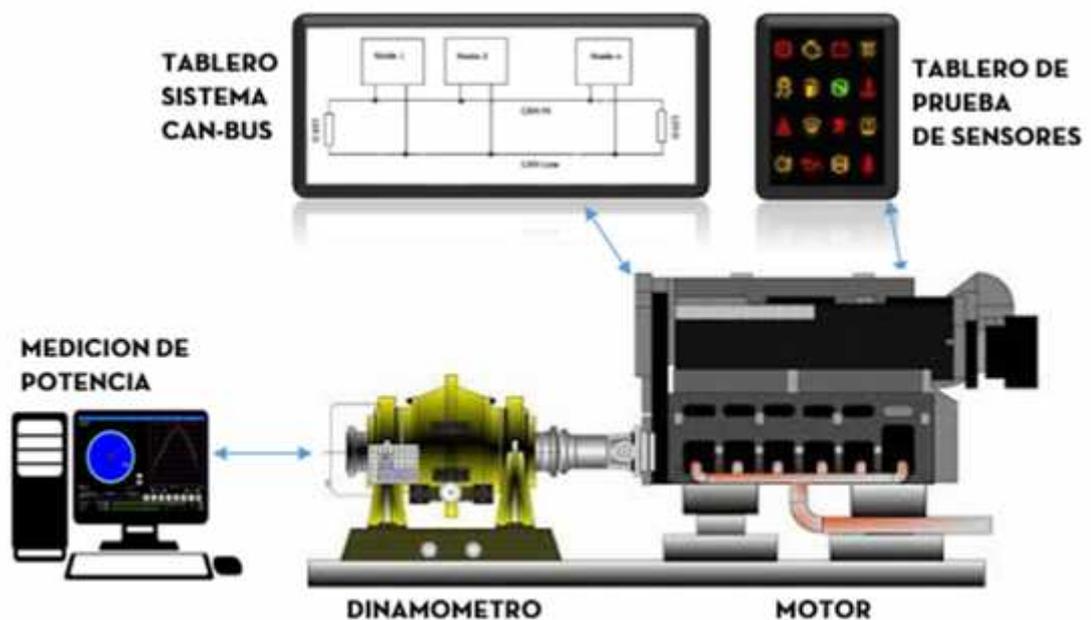


Figura 1: Sectores del banco de pruebas multidisciplinario.

1- Medición de potencia

Tener la oportunidad de medir la potencia que entrega el motor es muy importante ya que enlaza los contenidos de las cátedras de mecánica como por ejemplo elementos de máquinas, la cual involucra temas relacionados con la potencia generada y su transmisión. Se pueden generar prácticas relacionadas con los temas dictados en la cátedra, para que los alumnos tengan una experiencia más enriquecida acerca de los motores a combustión interna y su funcionamiento.

A continuación se dan los aspectos generales de esta solución:

El funcionamiento del motor de manera global, se resume en el diagrama de bloques de la figura 2. Se puede observar que en grandes rasgos, ingresa combustible, aire, agua de refrigeración y por otro lado, luego del proceso de combustión interna, se obtienen gases de escape, energía mecánica y agua de refrigeración.



Fig. 2: Diagrama de bloques de un motor estándar.

Uno de los objetivos es lograr cuantificar la energía mecánica rotacional generada, expresando su valor en función de la potencia instantánea. A su vez, el torque producido es proporcional a esta energía y su respectiva velocidad de giro.

Para medir la potencia que entrega el motor que está en el banco de pruebas, es necesario colocar un dispositivo que actúa de freno sobre la toma de fuerza a la salida del motor, simulando el esfuerzo que realiza el automóvil en su funcionamiento normal, este dispositivo de frenado, recibe el nombre de dinamómetro. Figura 3.

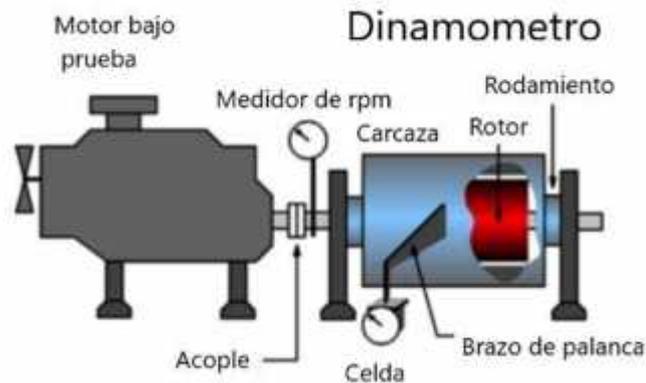


Fig. 3: Dinamómetro acoplado a un motor.

El freno tiene que tener la posibilidad de realizar una regulación progresiva que permita simular todas las posibles situaciones que el motor afronta en su funcionamiento normal. A su vez, se debe poder medir la potencia generada. Para ello, el principio de funcionamiento del sistema está basado en que el freno se encuentra pivotante, lo cual significa que puede girar sobre su propio eje, además de estar alineado con el del motor, se encuentra acoplado directamente al plato del mismo, es decir, sobre el extremo del cigüeñal. Figura 4.

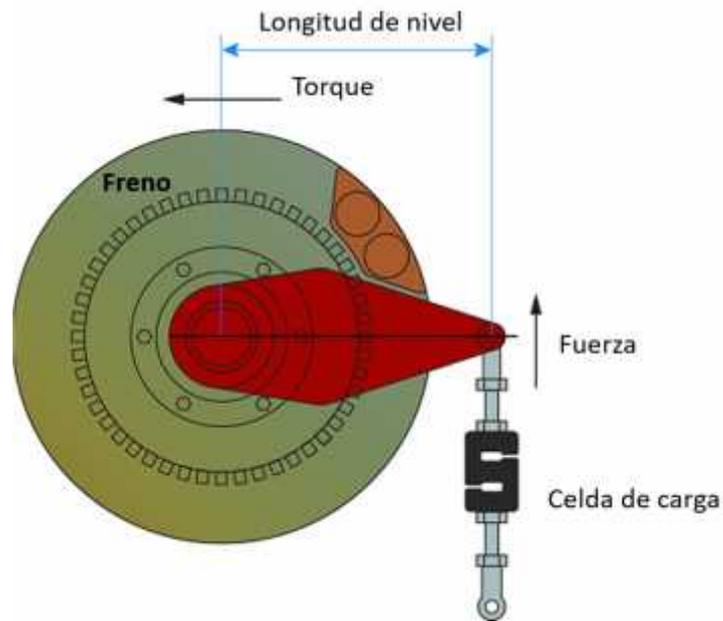


Fig. 4: Freno pivotante con un brazo de palanca conectado a una celda de carga.

El freno pivotante tiene un brazo de palanca conectado en su extremo a una celda de carga que mide el valor de los kilogramos de fuerza que se generan a causa del par de frenado que realiza el dinamómetro, como se puede ver en el esquema de la figura 4.

Una vez obtenido el valor de los kilogramos que se ejercen sobre la celda de carga, se puede determinar fácilmente el torque instantáneo que genera el motor.

Para generar el valor de la potencia es necesario saber el valor de la velocidad de giro (RPM) que tiene el motor en ese instante, lo cual se realiza con un sensor de rpm externo al motor, ubicado en el dinamómetro.

Es fundamental generar un sistema de medición de potencia que sea preciso, efectivo y práctico, esto implica que se pueda obtener directamente el valor de la potencia instantánea y su gráfico correspondiente. Para obtener esto es necesario desarrollar un software que se pueda utilizar en una computadora convencional, en donde ingresen los valores obtenidos en la celda de carga y en el sensor de RPM y proporcione como resultado la potencia generada.

Como nexo entre los sensores del banco de pruebas y del software, se coloca una interfaz llamada Arduino.

Arduino es una plataforma de hardware y software de código abierto, basada en una sencilla placa con entradas y salidas, analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación Processing. Es decir, una plataforma de código abierto para prototipos electrónicos.

El conjunto de los elementos electrónicos necesarios para determinar la potencia se esquematizan en la figura 5.

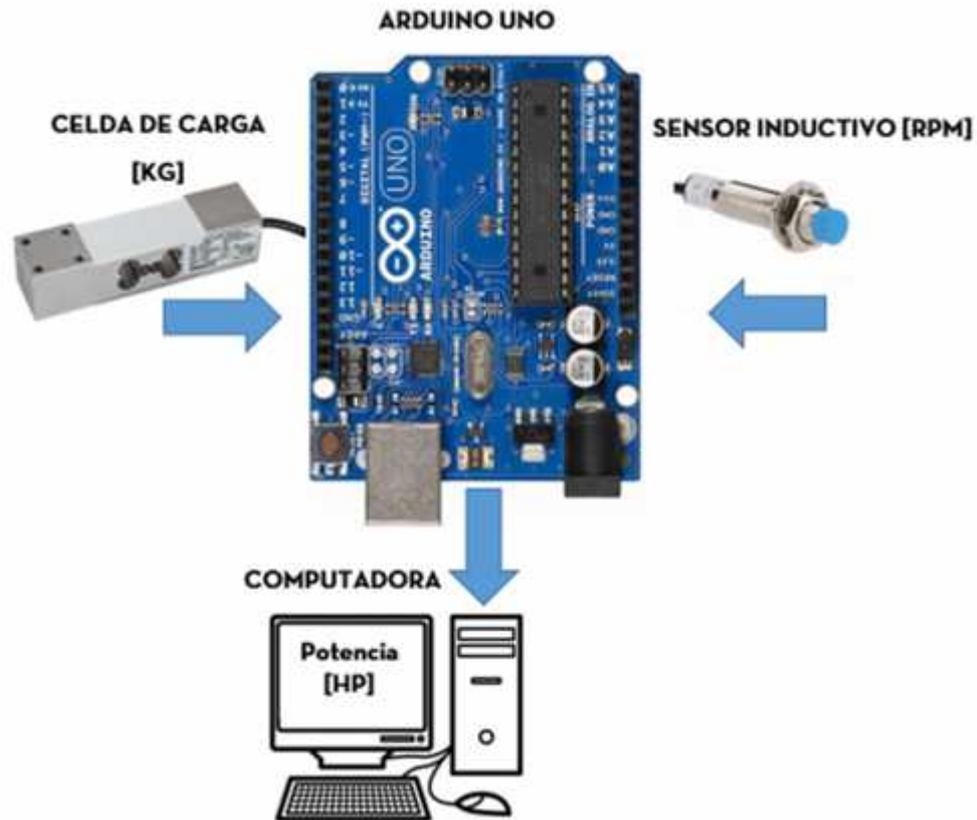


Fig. 5: Interfaz para medir la potencia del motor.

2- Análisis de componentes electrónicos del motor

El diseño de fábrica del motor, está orientado para que su funcionamiento se encuentre siempre dentro de estándares establecidos. Para lograr esto es necesario saber el estado del funcionamiento del motor en todo momento y, si existe una situación inusual, tomar acciones correctivas o dar información o una alerta de lo ocurrido.

En el funcionamiento normal del motor, el monitoreo se realiza por medio de sensores que adquieren información en tiempo real y la envían a los módulos de control electrónicos para que tomen las decisiones necesarias.

Este conjunto de elementos pueden ayudar al desempeño de las cátedras dictadas en el transcurso de la carrera ingeniería electromecánica. En las asignaturas orientadas a la electrónica, principalmente en la asignatura “Automatización y control industrial” se analizan muchos de estos sensores, dando la oportunidad de que los alumnos realicen prácticas en el banco de pruebas y de esta forma tener un contacto más cercano con los mismos.

Los sensores que se encuentran en el entorno del motor en cuestión son los siguientes:

- Sensor de posición del cigüeñal (CKP).
- Sensor de presión y temperatura del colector de admisión (MAP y IAT).
- Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT).
- Sensor de oxígeno (AFR1 y AFR2).
- Sensor de posición de levas (CMP).
- Sensor de detonación (KS).

En un automóvil estándar se encuentran ubicados en los espacios indicados por la figura 6.

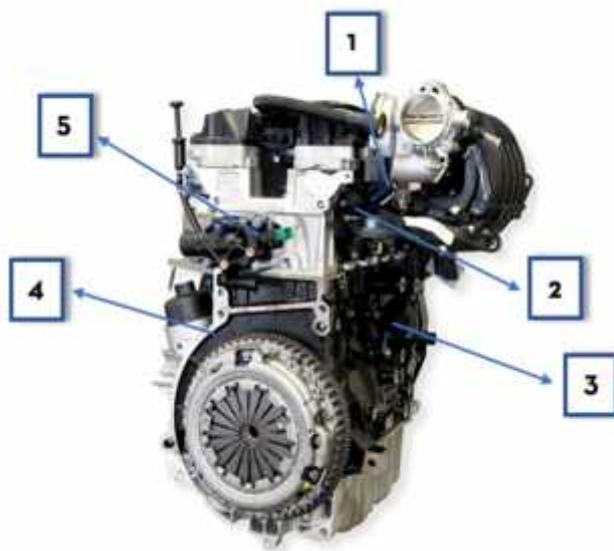


Fig. 6: Motor EC5. 1-MAP-IAT, 2-CMP, 3-KS, 4-CKP, 5-ECT.



Fig. 7: Motor EC5. 1-AFR1, 2-AFR2

Los componentes que se encuentran dentro del alcance del presente trabajo serán objeto de estudio y análisis para adquirir experiencia práctica, principalmente en cada uno se realiza una guía de utilización donde se detallan las siguientes actividades:

- Estudio de su objetivo y finalidad.
- Descripción de su funcionamiento.
- Ubicación del elemento en el motor.
- Establecer los principales parámetros de funcionamiento.
- Medición eléctrica para verificar su correcto funcionamiento y si es posible el análisis de la forma de onda de la señal utilizando un osciloscopio.
- Enumerar las posibles fallas que se pueden presentar y sus consecuencias.
- Si es posible, permitir desconectar el componente para analizar el funcionamiento del motor en ausencia del mismo.

Para que el alumno pueda realizar las actividades antes propuestas es necesario diseñar un tablero de pruebas sencillo, que tenga al alcance los puertos de medida para conectar los instrumentos de medición y cuente con la posibilidad de cortar la línea de cada sensor mediante una llave ON-OFF.

3- Análisis del sistema de comunicación y control CAN-BUS

La forma de convertir el sistema de comunicación en un objeto de estudio para la cátedra de Automatización y Control industrial, es facilitar la posibilidad de entender en detalle el funcionamiento de este sistema identificando todas partes componentes.

Principalmente se debe armar un tablero interactivo que simula las distintas situaciones de funcionamiento y fallas, en donde se puedan medir los parámetros establecidos como estándar y adversos. En el mismo, se debe poder colocar las sondas del osciloscopio o multímetro para ver y verificar el modo en el que se comunican los módulos de control.

Además, poder agregar al tablero nombrado anteriormente una ficha de conexión para el enchufe de diagnóstico que incorpora el auto originalmente, con la cual se deja disponible el análisis mediante un scanner en caso de ser posible.

4- Manual de funcionamiento

En conjunto con la realización de los 3 sectores del banco de pruebas antes mencionado, es necesario generar un manual de utilización que se encuentre siempre presente cuando se utiliza el banco de pruebas, estudiado previamente por el responsable de la experiencia para que esté instruido en el tema o actividad a desarrollar.

En primer lugar, se encuentra el procedimiento para la puesta en marcha del motor, detallando las acciones y advertencias a tener en cuenta para que no se produzcan irregularidades ni accidentes durante las prácticas.

El manual especifica los pasos a seguir para poder realizar cada una de las actividades nombradas a continuación:

Medición de potencia.

Tablero de prueba de sensores.

Tablero de prueba de sistema de comunicación CAN-BUS.

Al final del mismo, se encuentra una sección referida al mantenimiento. En este espacio se detallan los puntos críticos que se deben revisar periódicamente para evitar el deterioro del banco de pruebas multidisciplinario.

Índice

Introducción	2
Medición de potencia	2
Celda de carga	2
Interfaz HX711	3
Sensor de rpm	¡Error! Marcador no definido.
Motor paso a paso del tablero	5
Interfaz para software	5
Software	9
Análisis de los sensores	9
Tablero de pruebas de sensores.	10
Sistema de comunicación y control CAN-BUS.	11
Tablero de pruebas.	12

Introducción

La ingeniería de detalles electrónica está compuesta por el conjunto de los tableros de pruebas y los dispositivos electrónicos utilizados para medir los parámetros que determinan la potencia generada por el motor. (Figura 2.1)



Fig. 2.1: Tableros de prueba del banco de pruebas.

Medición de potencia

Para medir la potencia generada por el motor, se miden los kilogramos generados en el brazo de palanca y las rpm del cigüeñal del motor. Estos datos son ingresados a una plataforma Arduino que los procesa y envía el dato de la potencia generada.

Celda de carga

Para medir la fuerza generada por el brazo de palanca se utiliza una celda de carga de 30kg marca Kretz. Modelo Kd-30 de 2mV/V y 350 ohm. (Figura 2.2)



Fig 2.2: Celda de carga Kretz de 30 Kg.

La medición de la celda de carga se realiza por medio de 4 cables que la celda tiene incorporados:

Rojo: Excitación positiva de 5 V.

Negro: Excitación negativa.

Verde: Señal positiva.

Blanco: Señal negativa.

Los datos de señal ingresan a una interfaz HX711 que amplifica su valor.

Interfaz HX711

Entre la celda de carga y la plataforma Arduino se conecta una interfaz Hx711 (figura 2.3). La misma dispone de puertos para soldar los cables de señal necesarios.

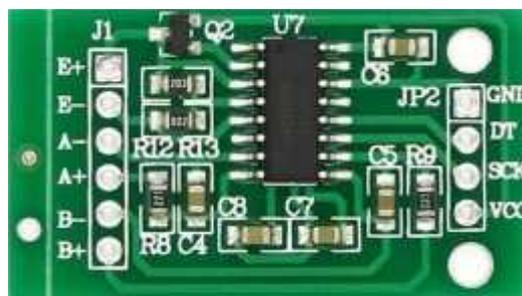


Fig. 2.3: Interfaz Hx711.

En el interfaz, los puertos del sector J1 se conectan a la celda de carga. Los bornes E+ y E- se sueldan los cables de alimentación de la celda y en los bornes A+ y A- los cables de señal.

En el sector JP2 se sueldan los cables que se dirigen a la plataforma Arduino.

Medición de rpm

El dispositivo para la medición de la velocidad de giro del eje de transmisión es un sensor inductivo de proximidad. Este sensor es un sensor de proximidad inductivo modelo npn 6-36v lj12a3-4-z/bx (figura 2.4) adquirido por el proveedor Monarca Electrónica.



Fig. 2.4: Sensor inductivo.

El sensor inductivo tiene 3 cables:

Marrón: Alimentación de 5 voltios

Celeste: Tierra.

Negro: Señal.

El dispositivo se alimenta con una tensión de 5 voltios proveída por el mismo Arduino.

Este sensor es fijado en uno de los extremos del eje del dinamómetro y detecta la presencia al paso de la cabeza de un tornillo enroscado perpendicularmente en dicho eje, de esta forma el sensor genera un pulso cada vez que se completa una vuelta, dato enviado directamente al Arduino (figura 2.5).



Fig. 2.5: Sensor inductivo enfrentado al tornillo de medición.

Motor paso a paso del tablero

Se utiliza el velocímetro del tablero de instrumentos original del automóvil para indicar la potencia generada, para ello se conecta el motor del mismo a la plataforma Arduino. La finalidad es darle una función al velocímetro después de quedar inactivo al tener el motor montado en el banco y que el operario tenga un seguimiento constante de la potencia medida con respecto a las rpm desarrolladas.

El motor que utiliza el tablero para el velocímetro es un motor paso a paso de 2 bobinas y 4 cables, los cuales se conectan directamente al Arduino. Conectando una bobina en los pines digitales 8 y 9, y la otra bobina en los pines digitales 10 y 11.

Interfaz para software

Se utiliza una plataforma Arduino UNO de la marca Full Energy (Figura 2.6). En el mismo ingresan los valores adquiridos por la celda de carga y el sensor inductivo, la plataforma calcula la potencia y envía las señales necesarias para mover el indicador de potencia del tablero de instrumentos (motor paso a paso). A su vez, el conjunto de datos que procesa Arduino (Kg, rpm y potencia) son enviados mediante el puerto USB para ser leídos por una computadora mediante un software que los muestra en tiempo real y los registra para su posterior análisis.



Fig. 2.6: Arduino UNO.

Las conexiones de cada elemento en la plataforma Arduino UNO son las siguientes:

Interfaz Hx711:

- Puerto GND en GND de Arduino.
- Puerto VCC en el pin de 5V de Arduino.
- Puerto DT en el pin 4 digital de Arduino.
- Puerto SCK en el pin 3 digital de Arduino.

Sensor Inductivo:

- Cable de alimentación al pin de 5V de Arduino.
- Cable de masa a GND de Arduino.
- Cable de señal al pin 2 digital de Arduino

Motor paso a paso:

- Bobina 1 conectada en los pines digitales 8 y 9 de Arduino.
- Bobina 2 conectada en los pines digitales 10 y 11 de Arduino.

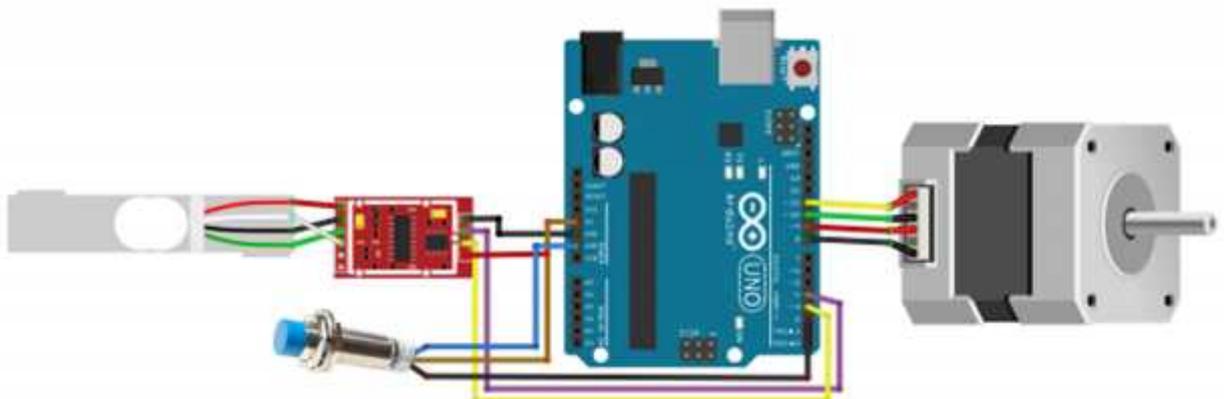


Fig 2.7: Conexión de los elementos de medición a la plataforma arduino.

Las líneas de código que utiliza Arduino para leer los pines conectados y calcular la potencia son las siguientes:

```
#include <Stepper.h>
#include "HX711.h"
#define STEPS 50
Stepper stepper(STEPS, 8, 9, 10, 11);
HX711 balanza(3, 4);

const byte rpmInputPin = 2;
const byte rpmMeasurementCycles = 2;
const byte printInterval = 500;

volatile unsigned long startTime, stopTime;
volatile byte rpmCount, testState;
unsigned long rpmPeriod, currentMillis, previousMillis = 0;;
float rpmFrequency, rpm;
long val = 0;
float kg = 0;
int retardo=1;      // Tiempo de retardo en milisegundos (Velocidad del Motor)
float pot;          // valor recibido en grados
int numero_pasos = 0; // Valor en grados donde se encuentra el motor
String leeCadena;   // Almacena la cadena de datos recibida
float potencia = 0;

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  pinMode(rpmInputPin, INPUT);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(rpmInputPin), rpmMeasure, RISING);
  stepper.setSpeed(300); //Velocidad en rpm

  balanza.set_scale(-155396); // Establecemos la escala
  balanza.tare(40); //El peso actual es considerado Tara.
}

void loop()
{
  if (testState == 2) EIMSK &= ~bit(INT0); // disable INT0 interrupt
  currentMillis = millis();
```

```
if (currentMillis - previousMillis >= printInterval) {
  previousMillis = currentMillis;
  if (testState == 2) { // testing completed, results are ready
    noInterrupts();
    rpmPeriod = (stopTime - startTime) / rpmMeasurementCycles;
    interrupts();
    rpmFrequency = 1000000.0 / rpmPeriod;
    rpm = rpmFrequency * 60.0;

    kg = balanza.get_units(1);
    pot = 0.00101157 * rpm * kg;

    Serial.print(pot);
    Serial.print("&");
    Serial.print(rpm);
    Serial.print("&");
    Serial.println(kg);

    /*Serial.println(" HP");*/
    pot = (pot * 0.68); // Ajuste de 512 vueltas a los 360 grados
    rpmCount = 0;
    testState = 0; // clear testState
    EIFR |= bit(INTF0); // clear INT0 interrupt flag
    EIMSK |= bit(INT0); // enable INT0 interrupt
    while (pot > numero_pasos) { // Giro hacia la izquierda
      paso_izq();
      numero_pasos = numero_pasos + 1;
    }
    while (pot < numero_pasos) { // Giro hacia la derecha
      paso_der();
      numero_pasos = numero_pasos - 1;
    }

    void paso_der() { // Pasos a la derecha
      stepper.step(1);
    }

    void paso_izq() { // Pasos a la izquierda
      stepper.step(-1);
    }

    void rpmMeasure() {
```

```
switch (testState) {  
  case 0:  
    startTime = micros();  
    testState = 1;  
    break;  
  case 1:  
    rpmCount++;  
    if (rpmCount == rpmMeasurementCycles) {  
      stopTime = micros();  
      testState = 2;  
    }  
    break;  
  }  
}
```

Software

El software se encuentra disponible en un pendrive en el banco de pruebas y en el departamento de electromecánica. Es un archivo de nombre MEDICIONDEPOTENCIA.EXE.

El programa lee los datos enviados por arduino mediante el cable USB y genera una base de datos.

Las instrucciones del mismo, se encuentran en el manual de funcionamiento.

Análisis de los sensores

Se realiza un tablero de pruebas interactivo que permite realizar mediciones y fallas en los principales sensores del motor, los cuales son:

- Sensor de posición del cigüeñal (CKP).
- Sensor de presión y temperatura del aire de entrada (MAP/IAT).
- Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT).
- Sensores de oxígeno (AFR1 y AFR2).
- Sensor de posición de levas (CMP).
- Sensor de detonación (KS).

Las conexiones y disposición de la instalación eléctrica de cada sensor ubicado en el tablero de prueba de sensores se realizan de la manera más adecuada para su finalidad de estudio, responden al siguiente esquema eléctrico:

Preparó: Carmona, Anibal; Reniero, Alan; Steven, Germán	Revisó:	Aprobó:	Página 9 de 13
--	---------	---------	----------------

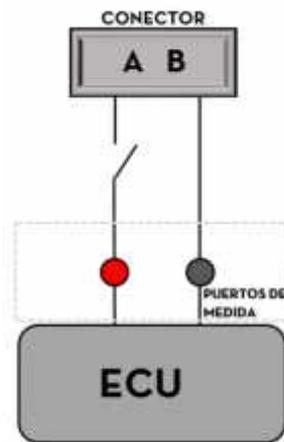


Fig. 2.8: Esquema eléctrico de los sensores de motor.

Tablero de pruebas de sensores.

El tablero de pruebas de sensores se divide en dos placas colocadas en el frente del tablero. Los diseños son los siguientes finales son los de las figuras 2.9 y 2.10

PRUEBA DE SENSORES

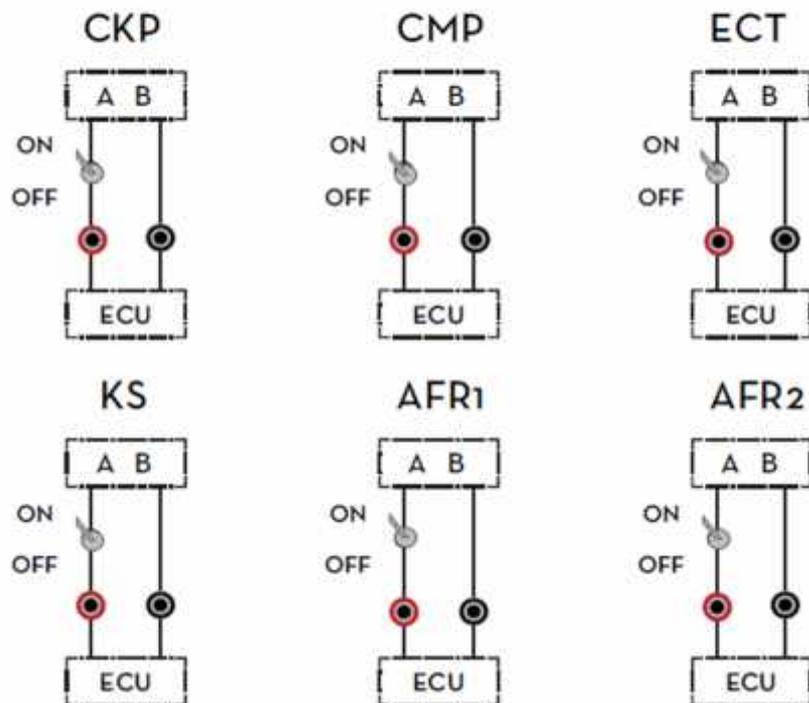


Fig. 2.9: Tablero de prueba de sensores 1.

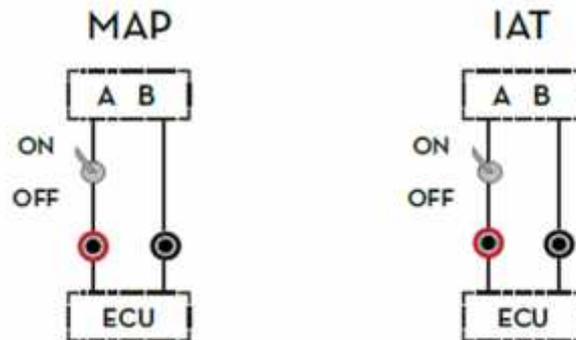


Fig. 2.10: Tablero de prueba de sensores 2.

Sistema de comunicación y control CAN-BUS.

El tablero de pruebas del sistema de comunicación y control CAN-BUS requiere conectarse a los canales CAN-H y CAN-L mediante la instalación eléctrica original del automóvil.

En el siguiente esquema (figura 2.9) se puede observar que la red de comunicación CAN-BUS de automóvil tiene sus extremos en los módulos BSI y en el calculador del motor. Si tomamos como hipótesis que la red comienza en la BSI, la red de comunicación tiene su origen en el pin 2 (cable 9000) y en el pin 4 (cable 9001). Ambos cables continúan hacia los empalmes E900A y E901A, cambiando su nomenclatura e ingresando al módulo ABS en el pin 14 (cable 9000U) y en el pin 26 (cable 9001 U). De este módulo, sale la red CAN-BUS en el pin 15 (cable 9011 Q) y en el pin 27 (cable 9010 Q), con destino en el calculador del motor para cerrar el circuito en el pin A1 y en el pin A2.

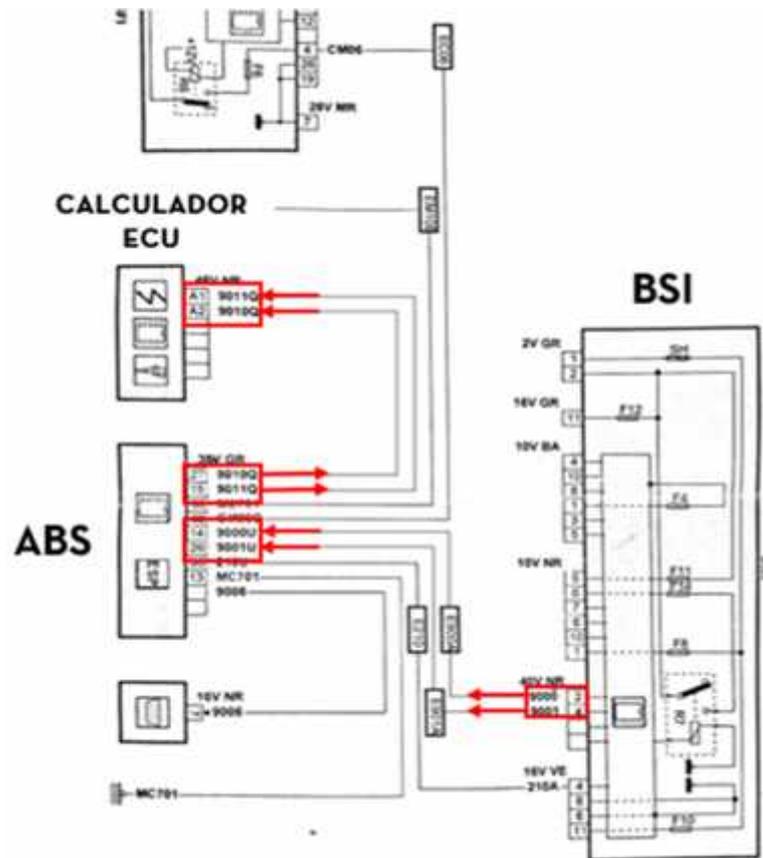


Fig. 2.9: Esquema eléctrico del sistema de comunicación y control CAN-BUS.

Tablero de pruebas

Los cables 9000U, 9001U, 9011Q y 9010Q se conectan directamente en el tablero como se puede observar en el plano eléctrico de la figura 2.10. Además, se demuestra como en el mismo tablero se conectan los siguientes elementos (necesarios para realizar las actividades):

- Un puerto de medida conectado al canal CAN-H.
- Una llave ON-OFF para el canal CAN-H.
- Un puerto de medida conectado al canal CAN-L.
- Una llave ON-OFF para el canal CAN-L.
- Un puerto de medida conectado a masa (Negativo de la batería).
- Una llave de 3 puntos con su terminal central conectado en uno de los canales, otro terminal conectado a tierra y el último terminal conectado a una tensión de 12 volts (Positivo de la batería).

SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y CONTROL CAN-BUS

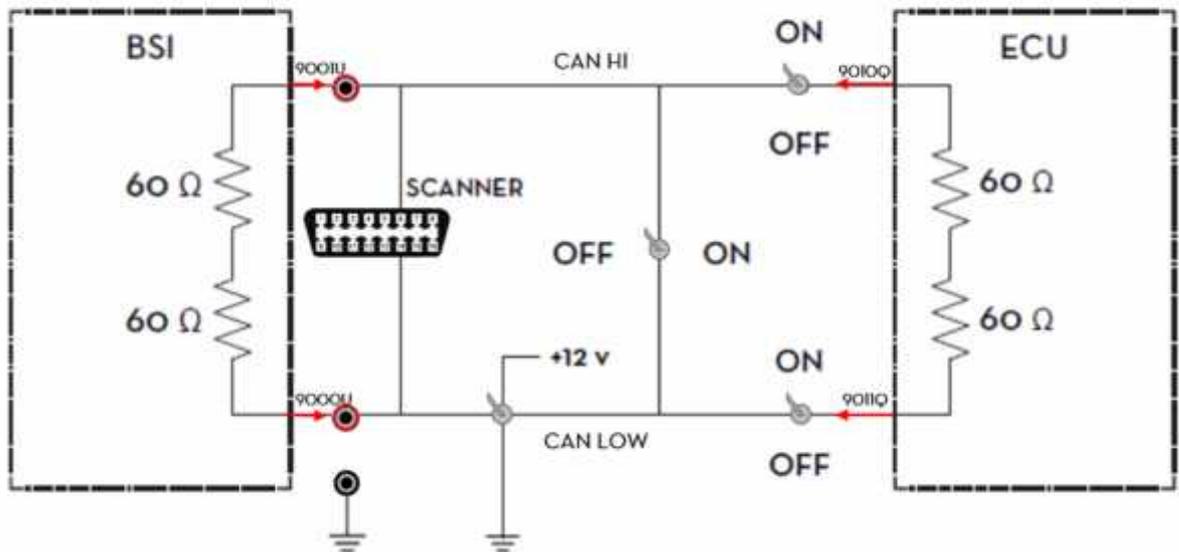


Fig. 2.10: Tablero de pruebas de sistema CAN-BUS.

Índice

Demanda de agua	1
Válvula de control	1
Válvula de regulación	3
Drenaje	4

Demanda de agua

Se necesitan 3,7 litros por minuto por cada 20 caballos de fuerza que se cargan (se supone un aumento de temperatura de 35° C). Idealmente, el suministro debería mantener una presión estacionaria aproximada a 1 bar.

El suministro de agua es proveniente de la red de agua de la Facultad que se encuentra con fácil acceso en el mismo espacio destinado al banco de pruebas. La red de la facultad tiene instalado un acople hembra de 1” y cuenta con una presión disponible de 0,7 bar. Se instala una manguera flexible de tipo riego entre la toma de agua y el banco de pruebas, la cual le da flexibilidad para el desplazamiento del banco con respecto a la pared.

Válvula de control

El caudal de agua de entrada al dinamómetro es proporcionado una cañería de plástico de 1” de diámetro a una presión que se encuentra entre 0,5 y 1 bar. En su trayecto, tiene una válvula de regulación que es comandada en conjunto con el acelerador del motor a la hora de realizar las pruebas de potencia. La válvula instalada es una de tipo globo de (figura 3.1) de igual diámetro que la cañería de entrada, ubicada debajo del tablero de instrumentos a un lado del acelerador.



Fig 3.1: Válvula globo de 1" de diámetro.

Todos los accesorios componentes de la cañería de agua (codos, acoples, etc.) tienen abrazaderas de metal con ajuste a tornillo. La cañería además, está fijada a la parte superior de la mesa del banco de pruebas por medio de grampas remachadas con lo cual evitamos vibraciones, desalineación y movimiento de la misma.



Fig 3.2: Cañería de entrada de agua.

Válvula de regulación

En la salida del dinamómetro se instala una válvula esférica de $\frac{1}{4}$ vuelta de $\frac{1}{2}$ " de diámetro (figura 3.3) que es la encargada de regular el caudal de salida para efectuar las pruebas de medición de potencia, desde la válvula se conecta una manguera cristal de $\frac{1}{2}$ " de diámetro y ésta conduce el agua a un desagüe ubicado atrás del banco de pruebas.



Fig 3.3: Válvula de regulación de caudal de salida del dinamómetro.

Drenaje

El dinamómetro tiene un sistema de purgas de agua de dos precamaras, entre retenes de cada lado de la turbina, para proteger los rodamientos de posibles contactos con fluido de trabajo (agua) del dinamómetro ocasionando un deterioro prematuro de los rodamientos del eje de la turbina y además igualar presiones con las de ambiente y evitar pérdidas del fluido por zonas no deseadas del dinamómetro. Esas precamaras tienen salidas con mangueras cristal de ½” para tener su final en el mismo desagüe que la salida de agua.

Índice

Introducción	1
Características del motor EC5	2
Medición de potencia	5
Dinamómetro	6
Mesa soporte del dinamómetro	7
Transmisión de potencia.	7

Introducción



Fig. 1.1: Dinamómetro y transmisión de potencia.

La ingeniería de detalles mecánica está compuesta por el conjunto de los materiales necesarios para la medición de potencia. Específicamente el montaje del dinamómetro y la transmisión de potencia desde el motor hacia el freno hidráulico (figura 1.1).

Características del motor EC5

El motor Peugeot EC5 (Figura 1.2) de 1600 cm³ 4 válvulas por cilindro, naftero, con 115 hp de potencia desarrollada a 5800 revoluciones por minuto lo cual se puede observar en la gráfica de la figura 1.2. Contiene tecnologías de motores modernos, con apertura variable de válvulas (VVT) para la admisión, lo que le permite contar con el 80 por ciento del torque a partir de las 1.500 rpm. Su función es variar los tiempos de apertura de las válvulas y el flujo de aire y combustible según la demanda de aceleración y comportamiento del motor. El variador de fase se posiciona en el eje de mando y actúa haciendo la lectura electrónica de la rotación del motor, variando en función de ello la posición del eje mando.



Fig 1.2: Motor EC5. Fuente: www.peugeot.com.ar Consulta: Mayo 2018.



Certificate of Performance

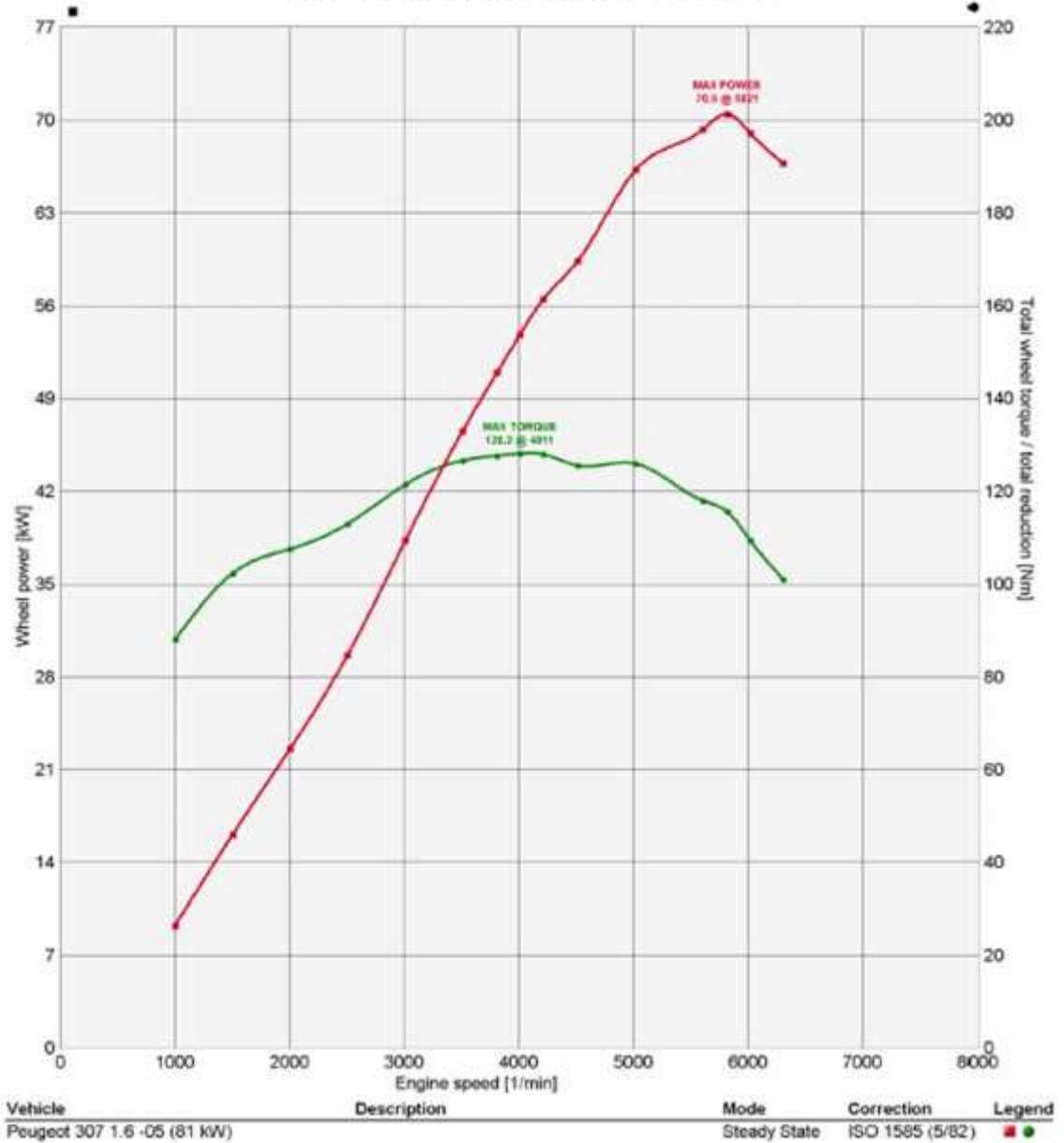


Fig. 1.3: Curvas de potencia y torque del motor.

Las siguientes tablas contienen información de las características técnicas del motor EC5, extraídas del software AutoData, consulta mayo 2018.

Identificación del vehículo		
Número de cilindros	tipo	4/DOHC
Cilindrada	cc	1587
Potencia/rpm	CV(DIN)/rpm	115/5800
Torque máximo	Nm/rpm	155/4250
Relación de compresión	:1	10,8
Adecuado para gasolina sin plomo	:	Si
Octanaje mínimo	RON	95
Sistema de encendido	marca	Bosch
Sistema de encendido	tipo	Motronic ME7.4.9
Módulo de control combinado de encendido y combustible	:	Si
enchufe de diagnosis	:	Si

Mantenimiento y reglajes		
Juego de válvulas - admisión	mm:	hidráulico
Juego de válvulas - escape	mm:	hidráulico
Presión de aceite	bar/rpm	4,0/4000
Apertura de termostato	°C:	89

Reglaje y emisiones		
Comprobaciones avance del encendido	motor/rpm:	controlado por ECM
Régimen de ralentí	rpm:	750
Temperatura del aceite de prueba del CO	°C:	80
Nivel de CO al ralentí - tubo de escape	vol % CO:	0,3 Max no ajustable
Nivel de HC al ralentí	ppm:	100
Nivel de CO2 al ralentí	vol % CO2:	14,5-16
Nivel de O2 al ralentí	vol % O2:	0,1-0,5
Incremento del régimen de ralentí para prueba de CO	rpm:	2300-2700
Contenido de CO con régimen de ralentí incrementado	vol %:	0,2

Sistema de alimentación de combustible		
sensor de temperatura del refrigerante del motor	ohm/°C:	630/80

Sistema de encendido		
Tensión de alimentación de la bobina de encendido	Con R compensadora V:	12
Orden de encendido	:	1-3-4-2

Medición de potencia

Para medir la potencia del motor se utiliza un dinamómetro hidráulico (Figura 1.4) el cual se encuentra pivotante mediante dos rodamientos que sirven de apoyo. El freno tiene un brazo de palanca en el cual se conecta una celda de carga que mide el valor de los kilogramos de fuerza que se generan a causa del par de frenado que realiza el dinamómetro, como se puede ver en el esquema de la figura 1.5.



Fig. 1.4: Dinamómetro hidráulico.

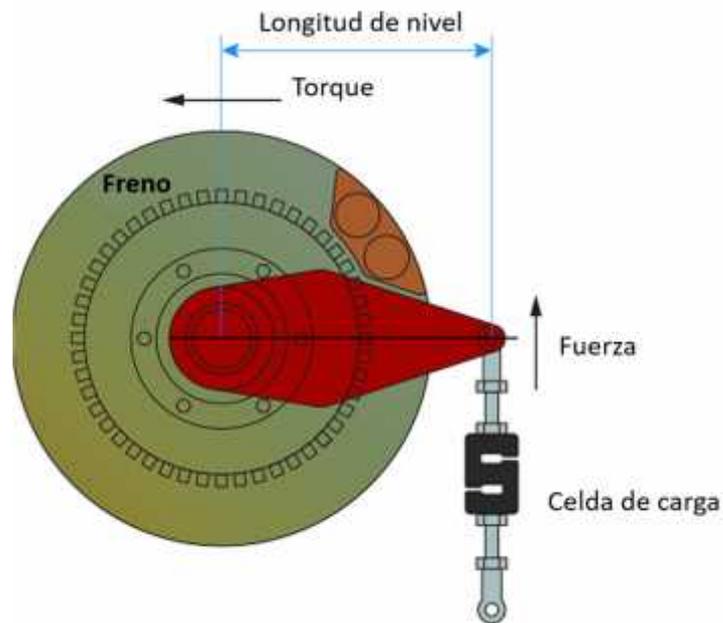


Fig. 1.5: Freno pivotante con brazo de palanca.

El dinamómetro hidráulico se instala sobre una estructura metálica solidaria a la mesa donde se encuentra el motor, los detalles estructurales se encuentran a continuación.

Dinamómetro

Se adquiere un dinamómetro hidráulico que utiliza agua como fluido de trabajo, su material es aluminio y como límite mecánico soporta hasta 150 hp.

El caudal de agua de entrada al dinamómetro es proporcionado una cañería detallada en la sección de Ingeniería de Detalles Hidráulica.

El dinamómetro cuenta con su propia estructura metálica de soporte (Figura 1.4), la cual posee un sistema de regulación en altura mediante varillas roscadas para lograr la correcta alineación con el centro del eje del cigüeñal a la salida del motor, con esto evitamos vibraciones y exigir de forma inadecuada al sistema de transmisión de potencia. La estructura se encuentra solidaria a la mesa del banco del motor mediante bulones de 8mm de diámetro con sus respectivas arandelas y tuercas.



Fig. 1.6: Dinamómetro hidráulico instalado.

Mesa soporte del dinamómetro

La mesa que soporta el dinamómetro es el resultado de la restauración del banco original adquirido. La misma se conforma en dos partes, la parte inferior y la superior.

La parte superior sostiene al dinamómetro mediante 4 varillas roscadas que permiten alinear la transmisión de potencia.

La parte inferior de la mesa se encuentra solidaria a la mesa del motor mediante soportes de 90° y bulones de 10mm con sus respectivas tuercas y arandelas. En la parte posterior de la mesa del freno se colocan dos patas regulables mediante una varilla roscada y dos tuercas.

Transmisión de potencia.

La transmisión de potencia desde el cigüeñal del motor al dinamómetro es mediante un árbol de transmisión macizo de material SAE 4140 LC de 30mm de diámetro, formado por la unión de dos palieres de transmisión Volkswagen con juntas homocinéticas del lado de la caja de cambios, con chavetas. Se forma un árbol de transmisión que tiene en ambos

extremos las juntas homocinéticas, de este modo se conecta de un lado al volante del motor y del otro al volante solidario al eje del dinamómetro, absorbiendo posibles desalineaciones entre los centros.



Fig. 1.7: Árbol de transmisión de potencia.

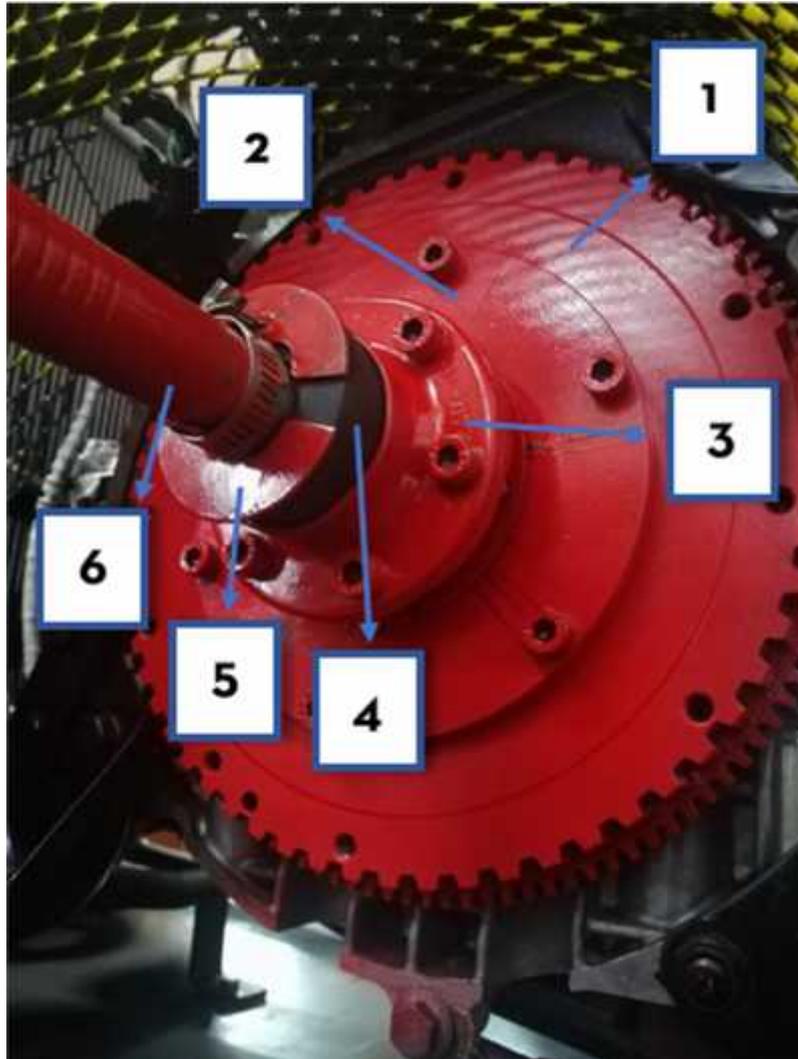


Fig. 1.8: 1-Volante del motor. 2-Platina de acoplamiento. 3-Junta de homocinética. 4-Tapa de goma. 5-Seguro de tapa. 6-Eje de palier.

Índice.

Protecciones	1
Diseño de las protecciones	1
Diseño de las señales	1
Contaminación Atmosférica en ambiente cerrado	7

Protecciones

En el banco se presentan tres zonas peligrosas bien marcadas, que son las siguientes:

- La correa poly V de accesorios del motor con riesgo de atrapamiento.
- La salida del escape del motor con temperaturas peligrosas para el contacto con las personas.
- La zona de transmisión de potencia entre el motor y el dinamómetro por riesgo de atrapamiento y posible desprendimiento de objetos o lubricante a causa de las altas velocidades que se mantienen en esa zona.

A cada una de las cuales se le diseña una protección adecuada para el riesgo presente. Para lograr esto, se hace hincapié en la normativa vigente en nuestro país, la cual es el decreto 351/79 de Seguridad e Higiene en el Trabajo. En el capítulo XV, desde el artículo 103 hasta el artículo 109.

Diseño de las protecciones

Se selecciona mallas Shulman de acero SAE 1010 muy utilizada en protecciones de máquinas. Disminuyendo considerablemente riesgos a las personas por posibles desprendimientos de objetos, gran resistencia mecánica y un tamaño de orificio que evita el ingreso de extremidades. En las 3 zonas que presentan riesgos se colocaron barreras protectoras con una amplia área de cobertura y las señales correspondientes a las mismas.

Diseño de las señales

El diseño de las advertencias y su color correspondiente se basa en la norma IRAM 10005 - 1ra Parte. Donde encontramos “Riesgos en Máquinas, Equipos e Instalaciones” cuyo objeto

fundamental es establecer los colores de seguridad y las formas y colores de las señales de seguridad a emplear.

Se respeta el color amarillo correspondiente a zonas de precaución y se procede a pintar con bandas de color negro inclinada a 45° respecto a la horizontal las protecciones de color amarillo y negro. En conjunto a estas señales se tienen señales suplementarias de forma rectangular, manteniendo los colores antes mencionados.

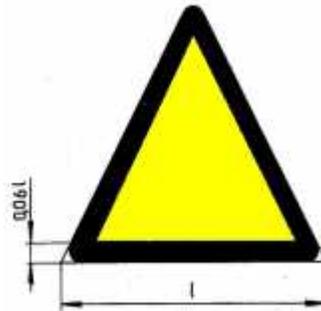


Fig. 4.1: Señal de advertencia.

La forma de las señales de advertencia instaladas son de fondo amarillo con la banda triangular de color negro (Figura 4.1), las cuales contienen en el centro el símbolo del peligro, acompañadas con señales suplementarias abajo. La longitud l es de 12 cm y la banda triangular es, por ende, de 0,72 cm.

En las siguientes imágenes se pueden observar las señales de advertencia que se diseñan para los sectores correspondientes en el banco de pruebas:



Fig. 4.2: Señal de advertencia en la salida de escape.



Fig. 4.3: Señal de advertencia en sistema de transmisión de potencia.



Fig. 4.4: Señal de advertencia en sector de correas de transmisión.



Fig. 4.5: Protección de correas.

En la figura 4.6 se observa la protección de la salida de escape que se encuentra en un extremo de la mesa con un acceso fácil y peligroso, se coloca una rejilla bien señalizada protegiendo de posibles contactos accidentales.

En la figura 4.7 se ve la protección del sistema de transmisión de potencia que comprende un árbol de transmisión de potencia entre el motor y el extremo del eje del dinamómetro hidráulico, donde se nota un gran peligro de accidentes ante el contacto con una persona u objeto exterior.



Fig. 4.6: Protección de la salida de escape del motor

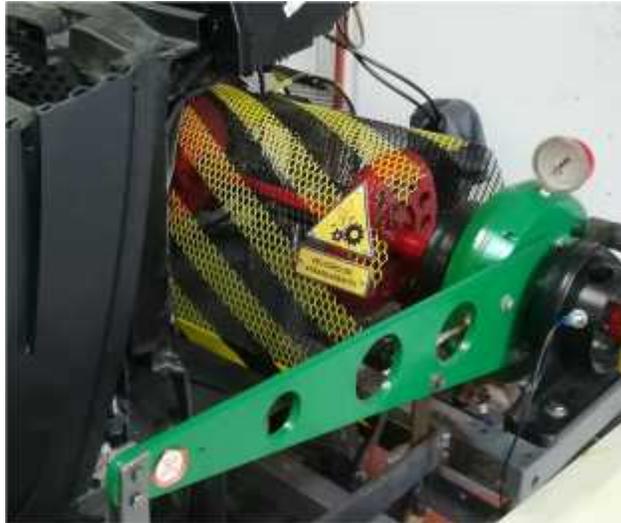


Fig. 4.7: Protección del sistema de transmisión de potencia.

Contaminación Atmosférica en ambiente cerrado

En los bancos de prueba de motores a combustión interna se requiere de la renovación de aire fresco en el ambiente del mismo a causa de los niveles de contaminación del escape, pues afecta a los índices de oxígeno en la admisión del motor y principalmente al operario. Normalmente, se menosprecian los requisitos de ventilación de las salas de bancos de pruebas. Se necesita un área amplia con conductos de entrada y salida combinados con ventiladores si es posible. Para la renovación de aire del ambiente es necesario abrir las ventanas y la puerta del laboratorio para obtener una ventilación satisfactoria. En el laboratorio, se direcciona los gases de escape hacia el aire exterior por medio de un conducto metálico flexible de salida de gases.

Índice

Índice	1
Medición de potencia	3
Dinamómetro para medir la potencia del motor	5
Dinamómetros hidraulicos	5
Dinamómetros de corriente continua.	6
Dinamómetros de corriente alterna asíncronos o de jaula de ardilla.	6
Dinamómetros síncronos o de imanes permanentes	6
Dinamómetros de corrientes parásitas de Foucault	6
Dinamómetros de fricción	7
Dinamómetros de freno aerodinámico	7
Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de dinamómetros	7
Transmisión de potencia	12
Montaje y disposición del dinamómetro	19
Instalación de agua	20
Protecciones	23
Medición de la fuerza P	28
Medición de rpm	31
Motor paso a paso del tablero.	33
Interfaz para software	34
Software.	35
Lineas de codigo de arduino	36
Pruebas de potencia.	38
Tipos de potencia.	38

Antes de comenzar con la prueba	39
Su primera prueba con el dinamómetro.	40
Factor de corrección de la potencia medida.	42
Presión de aire seco:	45
Presión de vapor real de la humedad relativa:	45
Análisis de los datos.	46
Regulación del dinamómetro.	46
Sensores	47
Sensores de fábrica del motor	47
Sensor de posición del cigüeñal (CKP)	48
Sensor de presión (MAP) y temperatura del aire de entrada (IAT)	50
Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT)	54
Sensor de oxígeno o sonda lambda (AFR)	56
Sensor de posición de levas (CMP)	60
Sensor de detonación (KS)	62
Diagrama de conexión:	63
Sistema de comunicación CAN-BUS	64
Introducción teórica.	65
Circuito CAN-BUS en el banco de pruebas	66
Tablero de pruebas	67

Medición de potencia

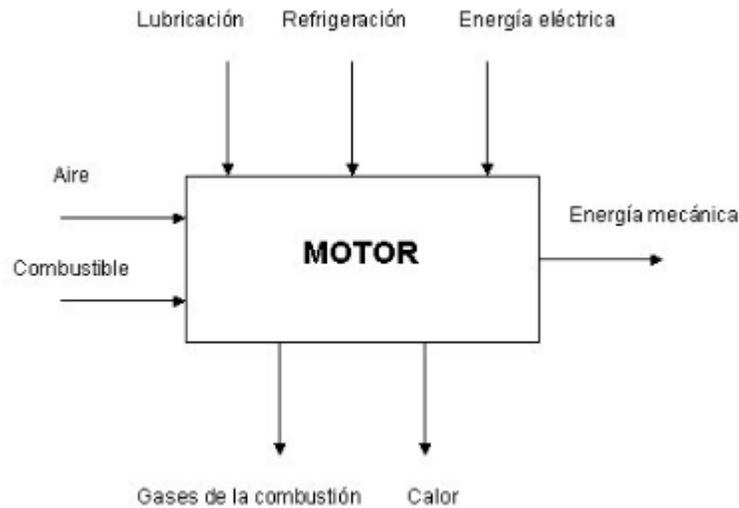


Fig. 5.1: Diagrama de bloques de entradas y salidas de un motor.

El esquema anterior (figura 5.1) es un diagrama de bloques básico del funcionamiento de un motor a combustión interna. Se puede observar que en grandes rasgos, ingresa combustible, aire, agua de refrigeración y por otro lado, luego del proceso interno del motor, se obtienen gases de escape, energía mecánica y agua de refrigeración. Uno de los objetivos es lograr cuantificar esta energía mecánica rotacional, expresando su valor en función de la potencia instantánea. A su vez, el torque producido es proporcional a esta energía y su respectiva velocidad de giro, por lo tanto, a continuación se explica cómo hallarlo.

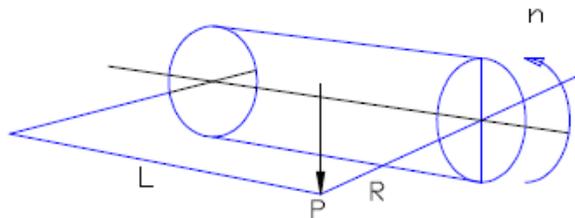


Fig. 5.2: Plano de eje sometido a momento torsor.

Considerando que el cigüeñal está girando a un número n de rpm, transmitiendo un momento torsor M_t generado por una fuerza P aplicada a una distancia R del centro de rotación.

El trabajo T realizado en un giro, estará definido por el producto de la fuerza tangencial P por el camino recorrido en una vuelta, que es el desarrollo de una circunferencia.

$$T = P * 2 * \pi * R$$

Si multiplicamos el trabajo por el número de rpm, se obtiene la potencia N.

$$N = P * 2 * \pi * R * n$$

Sabiendo que el momento torsor es:

$$Mt = P * R$$

Se obtiene que la potencia generada es directamente proporcional al momento torsor y el número de rpm.

$$N = Mt * 2 * \pi * n$$

Si expresamos los valores en las siguientes unidades:

$$N[cv] = \frac{P[kg]*2*\pi*R[cm]*n[rpm]}{60*75*100}$$

Simplificando la ecuación anterior:

$$N[cv] = \frac{P[kg] * R[cm] * n[rpm]}{71619,72}$$

En este caso tenemos un brazo de palanca de 71 cm.

$$N[cv] = \frac{P[kg] * 71cm * n[rpm]}{71619,72}$$

$$N[cv] = \frac{1}{1008,73} * P[kg] * n[rpm]$$

Expresando la potencia en HP:

$$N[HP] = \frac{1}{988,56} * P[kg] * n[rpm]$$

Como se observa en la ecuación, para determinar la potencia es necesario obtener el valor de la fuerza P y el número de n de rpm.

Dinamómetro para medir la potencia del motor

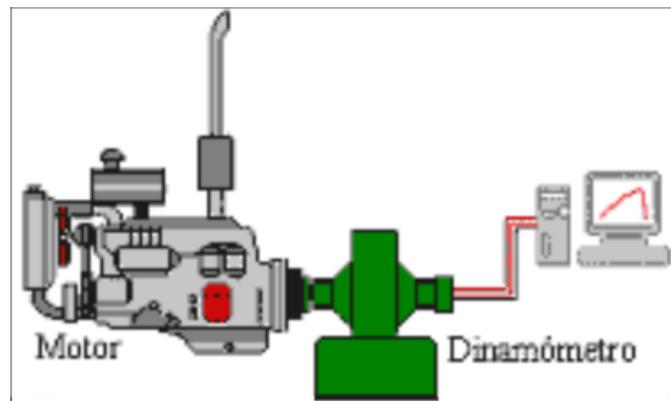


Fig. 5.3: Esquema del conjunto de medición de potencia.

Para medir la potencia que entrega el motor que está en el banco de pruebas, es necesario colocar un dispositivo que actúa de freno sobre la toma de fuerza a la salida del motor, simulando el esfuerzo que realiza el automóvil en su funcionamiento normal, este dispositivo de frenado, recibe el nombre de dinamómetro (figura 5.3).

El freno tiene que tener la posibilidad de realizar una regulación progresiva que permita simular todas las posibles situaciones que el motor afronta en su funcionamiento normal. A su vez, se debe poder medir la potencia generada. Para ello, el principio de funcionamiento del sistema está basado en que el freno se encuentra pivotante, lo cual significa que puede girar sobre su propio eje, además de estar alineado con el eje del motor, se encuentra acoplado directamente al plato del mismo, es decir, sobre el extremo del cigüeñal.

Bajo este principio, existen diversos tipos de dinamómetros para aplicaciones en bancos de pruebas:

- **Dinamómetros hidráulicos**

Prácticamente todos los dinamómetros hidráulicos funcionan bajo el principio de absorber la potencia con la circulación y fricción de un fluido, el cual puede ser agua o aceite, dentro de dos cuerpos sólidos llamados rotor y estator. En el interior del dinamómetro, un eje solidario al rotor cilíndrico gira dentro de una carcasa llena de fluido, la cual posee huecos toroidales por donde circula el fluido. Cuando el rotor gira, se produce un intenso vórtice en los huecos de la

carcasa debido a la fuerza centrífuga, cuando el fluido circula hacia el estator, cambia su dirección opuesta al movimiento del rotor y por lo tanto, se produce una transferencia de par desde el rotor al estator. Entonces, se produce una reacción en la carcasa, que permite medir el par desarrollado por el motor o el vehículo.

El par resistente puede regularse modificando la cantidad de agua que entra en el freno mediante una válvula gobernada por el control del dinamómetro.

- **Dinamómetros de corriente continua**

Contienen un motor eléctrico de corriente continua que es capaz de absorber la potencia generada en el banco y devolverla a la red eléctrica. Son robustos, fiables y son capaces de actuar como dinamómetros activos. Como contrapartida, tienen una velocidad máxima limitada y una gran inercia que puede acarrear problemas de vibraciones torsionales. Como contienen un conmutador eléctrico, su mantenimiento generalmente resulta más caro que los de corriente alterna

- **Dinamómetros de corriente alterna asíncronos o de jaula de ardilla**

Las características de los dinamómetros de corriente alterna son muy similares a los dinamómetros de corriente continua, pero presentan menos inercia a altas velocidades y su mantenimiento es más barato. En ocasiones pueden presentar fallos en los cojinetes y otras partes móviles debido a la alta diferencia de potencial producida entre el rotor y el estator.

- **Dinamómetros síncronos o de imanes permanentes**

Los dinamómetros de imanes permanentes son los representantes de la última generación en el desarrollo de dinamómetros. Su funcionamiento es muy similar a los dinamómetros asíncronos, pero soportan los más duros requerimientos dinámicos debido a su baja inercia. Pueden acelerar hasta las 160000 rpm en menos de 1 ms. Esta rápida fluctuación permite utilizarlos como simuladores de motores por los fabricantes en sus líneas de producción.

- **Dinamómetros de corrientes parásitas de Foucault**

Los dinamómetros de corrientes parásitas hacen uso de los principios de la inducción electromagnética para disipar el par de un motor o vehículo. Consisten en un rotor de alta permeabilidad magnética que rota con una fina holgura entre las dos placas del estator. El estator posee un bobinado eléctrico de tal forma que cuando el rotor gira, se genera un campo magnético en dirección axial. Se producen entonces corrientes parásitas de Foucault que se oponen al movimiento y transforman la energía en calor en los bobinados del estator. Por este motivo, este tipo de freno necesita una refrigeración adecuada, ya sea por aire o por agua. La

resistencia del dinamómetro se controla modificando la corriente eléctrica que alimenta las bobinas del estator. Los dinamómetros de corrientes de Foucault están muy extendidos y son simples y robustos. Son capaces de desarrollar una considerable resistencia a bajas velocidades, sin embargo, no son adecuados para utilizarlos como dinamómetros activos.

- **Dinamómetros de fricción**

En estos sistemas, la absorción de energía se da por fricción mecánica, existen de dos tipos: los que frenan por zapata y tambor, que son los más antiguos, se llaman “Freno de Prony”. Su funcionamiento es sencillo pero debido a su inestabilidad, dificultad de regulación y refrigeración, para la finalidad de dinamómetro se encuentran en desuso.

El otro tipo de freno de fricción son los de disco y zapata, utilizados en la mayoría de los automóviles actuales para frenar los neumáticos. La energía absorbida se transforma en energía calórica, lo cual imposibilita realizar pruebas continuas en el tiempo con mucha potencia aplicada.

- **Dinamómetros de freno aerodinámico**

Aunque se encuentran obsoletos, los dinamómetros de freno aerodinámico aún se utilizan en algunas aplicaciones en las que no se requieren mucha precisión y el ruido no es un problema, como por ejemplo el ensayo de motores de helicópteros. Constan de un simple montaje en forma de ventilador con palas ajustables que permiten regular la fuerza resistente aerodinámica

Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de dinamómetros

La siguiente tabla enumera las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de dinamómetros anteriormente descritos, con la cual podemos deducir que el más conveniente para cada tipo de motor según su potencia a medir, velocidad de giro y disponibilidad de la instalación.

Tipos de dinamómetro	Ventajas	Desventajas
Hidráulicos de llenado constante	Muy baratos y robustos	Baja respuesta a los cambios del par motor. Control difícil de automatizar.
Hidráulicos de llenado variable	Capaces de dar respuesta a cambios pequeños y medianos del par motor. Robustos y tolerantes a sobrecargas. Capacidad de automatización.	Sistema de llenado externo requerido. Pueden sufrir daños por corrosión y cavitación.
Hidráulicos de disco	Adecuados para aplicaciones a altas velocidades	Pobre rendimiento a bajas velocidades.

Corriente continua	Tecnología muy desarrollada. Capaces de actuar como dinamómetros activos.	Gran inercia. Necesitan mantenimiento adecuado y prevención contra incendios.
Corriente alterna	Menos inercia que los CC capaces de actuar como dinamómetros activos	Caros. Necesarios sistemas de protección contra daño eléctrico.
Imanes permanentes	Menor inercia que los de CC y CA. Pequeño tamaño. Capaces de actuar como dinamómetros activos.	Caros. Necesarios sistemas de protección contra daño eléctrico.
Corrientes parásitas o de Foucault	Muy baja inercia. Buena adaptación al control por ordenador. Mecánicamente simples.	Vulnerables al sobrecalentamiento. Necesitan un sistema de refrigeración adecuado.
Discos de fricción	Para aplicaciones especiales a baja velocidad y par motor elevado.	Rango de velocidades muy limitado.
Freno aerodinámico	Baratos. Muy simples y con bajo mantenimiento.	Ruidosos. Control muy limitado. Para aplicaciones muy especiales.
Híbridos o de Tandem	Posibles ventajas económicas respecto al uso de dinamómetros convencionales en algunas aplicaciones.	Complejidad en la construcción y el control.

EL DINAMÓMETRO HIDRÁULICO

El principio de funcionamiento de un dinamómetro hidráulico consiste en la resistencia al movimiento giratorio ofrecida por el agua. El eje del motor, acoplado al del dinamómetro, mueve un rotor el cual gira dentro de una carcasa que contiene líquido en su interior. El líquido, debido a la acción de la fuerza centrífuga, es impulsado a gran velocidad pasando de las cavidades del rotor a las del estator por la parte más lejana al eje de rotación; después de pasar por el estator, el líquido retorna a menor velocidad al rotor por el extremo opuesto al de entrada. El efecto causado es la transferencia de momento del rotor al estator, efecto por el cual se produce un par de torsión resistente a la rotación del eje, balanceado por un par de torsión igual y opuesto en el estator.

Un vórtice de forma toroidal es generado como consecuencia de este movimiento, lo cual genera un efecto de flujo cortante turbulento y la disipación de la energía en forma de calor en el agua. La virtud del diseño está en que la energía sea absorbida con un mínimo de daño en las superficies en movimiento, bien sea por la erosión o el efecto de la cavitación.

Como el dinamómetro hidráulico transfiere la energía absorbida del rotor al estator por medio del fluido, este puede considerarse como un acoplamiento hidrodinámico. Un acoplamiento hidrodinámico es una turbomáquina que consta de una bomba centrífuga y una turbina centrípeta, ambas de álabes radiales rectos, alojadas en la misma carcasa. El eje conductor acciona la bomba centrífuga, impulsando el fluido (generalmente aceite mineral), de manera radial hacia afuera, después de esto el fluido ingresa a la turbina, la cual gira solidariamente al eje conducido. De esta manera se transmite par entre dos elementos que no están conectados mecánicamente.

De forma similar funciona el dinamómetro hidráulico, pero en este caso no hay un eje conducido. Lo que en el acoplamiento es la bomba en el dinamómetro sería el rotor o impulsor y, de igual manera el estator o carcasa haría las veces de turbina, recibiendo la energía del agua impulsada. Este movimiento no es libre, como en el acoplamiento hidráulico, para mover un eje conducido, sino que se restringe de manera que pueda medirse la fuerza tangencial ejercida y de esa manera establecer el par de torsión y la potencia.

Selección:

Después de hacer un análisis comparativo de los distintos dinamómetros, para medir potencia en un motor de alrededor de 115 HP con un rango de revoluciones de 1000 a 6000 rpm es conveniente utilizar un dinamómetro hidráulico. Además, al hacer un recorrido por los distintos talleres mecánicos de la ciudad de Concepción del Uruguay y alrededores, que preparan motores para automóviles de competición, pudimos informarnos sobre el funcionamiento de estos dispositivos de medición y observar la variedad de diseños que se tienen para su instalación.

Se realizó un pedido de presupuesto a la empresa Saenz, que se dedica a fabricar dinamómetros hidráulicos para prueba de motores. El equipo sugerido por el representante de la marca es el DS2 que permite frenar hasta 600 hp a 4000 rpm, y admite como máximo 10.000 rpm. Este dinamómetro es el más pequeño que ofrece la empresa y tiene un valor de \$ 65.000 (Consulta realizada el 10/05/2018).

Luego de realizar otros pedidos de presupuesto, con resultados aún más inaccesibles dentro del presupuesto de la facultad, se comenzó a realizar una búsqueda de dinamómetros usados. Se dio a conocer un dinamómetro hidráulico a la venta en el taller de un mecánico de la ciudad

de Concepción del Uruguay, el cual estaba en desuso y mal estado. Luego de analizar la posibilidad de restaurarlo, fue adquirido con un valor de \$15.000 (Compra realizada el 14/06/2018).

Se propuso desarmar el dispositivo para verificar el estado de su interior, reparar posibles roturas y volver a ponerlo en condiciones ya que el costo del mismo era conveniente para el proyecto.



Fig. 5.5: Estado del dinamómetro adquirido, antes de la restauración.

La mejora del dispositivo se empezó retirando las cajas de los rodamientos para revisar su estado, para luego proceder con la separación de la carcasa del rotor con respecto a la del

estator. El siguiente paso fue cambiar los retenes y rectificar los planos de apriete de las tapas, y en la ranura donde se coloca el o 'ring, permitiendo un correcto sellado y evitando futuras pérdidas de agua. El último detalle fue pintar el dispositivo completo y sus accesorios, luego proceder con una prueba con agua a presión de 0,7 bares para verificar que no existan pérdidas, dando un resultado exitoso.

A continuación, se anexan varias fotos correspondientes al trabajo mencionado:

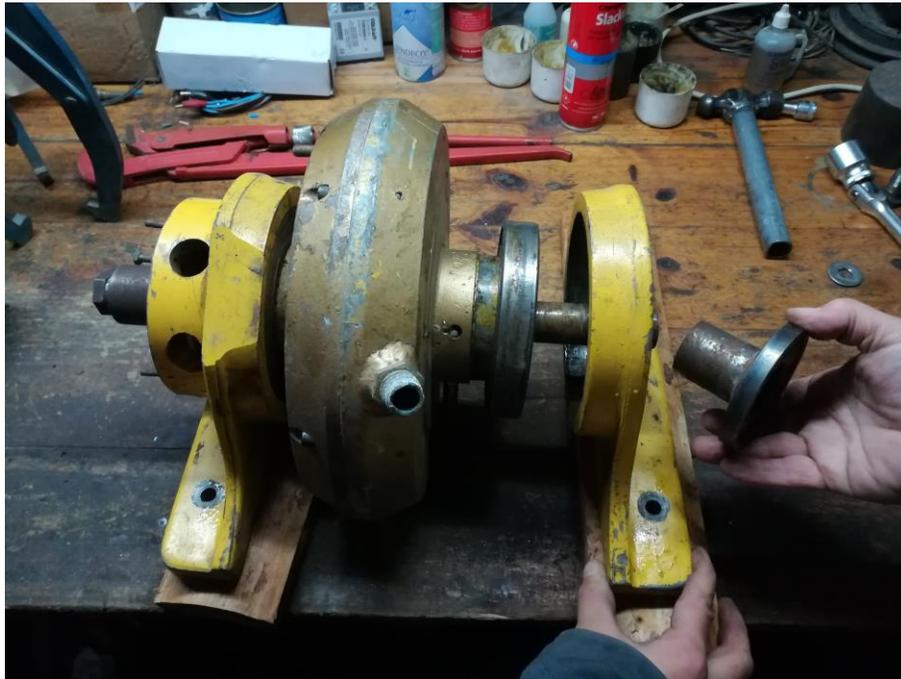


Fig.5.6:Dinamómetro en proceso de desarme.



Fig. 5.7: Turbina y bomba preparados para ser rectificados.



Fig. 5.8: Dinamómetro hidráulico luego de la restauración.

Transmisión de potencia

Para la conexión del eje del dinamómetro con el motor se consiguieron dos palieres de transmisión Volkswagen, con juntas homocinéticas del lado de la caja de cambios. Para lograr la transmisión se debió unir los extremos a un eje común para conectar en un lado al volante del motor del banco de pruebas y del otro al volante montado en el extremo del eje del

dinamómetro. Para armar el eje de transmisión se cortaron los de las juntas homocinéticas de los palieres y se los soldó.

La finalidad de tener un volante solidario al eje del dinamómetro es tener la disponibilidad de probar otros motores, desconectando la estructura del dinamómetro del banco de pruebas ya que cuenta con su soportería individual y cuenta con un soporte para motor de arranque.

Los palieres originales se pueden ver en la siguiente imagen:



Fig. 5.9: Palieres Volkswagen de caja con extremos de juntas homocinéticas

Se cortaron y se añadieron para formar un solo eje de transmisión, el cual tiene una longitud de 405 mm, distancia a respetar entre los dos volantes.

Verificación del árbol de transmisión:

Para poder verificar el eje de transmisión entre el motor y el dinamómetro, en primer lugar se debe calcular los esfuerzos máximos a los que está sometido. Por ende el único esfuerzo es el de torsión porque solo transmite potencia sin puntos de apoyo con reacciones considerables. El árbol de transmisión es de material SAE 4140 LC y tiene un diámetro de 30 mm, sin cambio de sección con chavetero en los extremos.

Por tanto:

$$M_t[kg.cm] = 71620 \frac{N[CV]}{n[rpm]}$$

La potencia máxima que puede entregar el motor EC5 es de 115 CV a 5800 rpm.

$$M_t[kg.cm] = 71620 \frac{115[CV]}{5800[rpm]}$$

$$M_t = 1420[kg.cm]$$

El chavetero es la parte crítica para la concentración de tensiones en el eje. Para evaluar si el eje verifica a las sollicitaciones con el diámetro acudimos a los coeficientes de seguridad normativos y los coeficientes de seguridad dinámicos.

Coeficientes normativos de seguridad (n)

El coeficiente de seguridad representa se representa en forma de producto.

En el “Manual del constructor de máquinas” se recomienda emplear tres coeficientes parciales de seguridad, es decir:

$$n = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3$$

Los valores de los coeficientes de seguridad se establecen, generalmente, basándose en la experiencia acumulada en el diseño y mantenimiento de máquinas de un tipo determinado.

Donde:

n_1 : es el coeficiente que considera el error posible al determinar las cargas y las tensiones. Cuando las tensiones se calculan con gran precisión, este coeficiente se puede señalar entre 1,2 y 1,5. En el caso de menor exactitud se puede tomar entre 2 y 3.

Para nuestro proyecto tomamos un $n_1 = 1,2$ ya que tenemos el esfuerzo máximo.

n_2 : es el coeficiente que tiene en cuenta la heterogeneidad del material, su sensibilidad a los posibles defectos en el maquinado de la pieza. El valor de este coeficiente, cuando los cálculos se hacen partiendo del límite de fluencia y la carga es estática, está dado en la tabla 2.6 de la página 55 de Stiopin, en función de la relación entre el límite de fluencia y el de resistencia:

Para el material del eje intermedio, acero 4140 LC, obtenemos los valores de n_2 y n_3 del manual de especificaciones de ACEROS S.A.E en página 26:

$$\sigma_f = 65 \text{ kg/mm}^2$$

$$\sigma_r = 95 \text{ kg/cm}^2$$

Entonces para nuestro material tenemos que la relación es $\sigma_f/\sigma_r = 0,684$

Interpolando en la tabla entre las relaciones 0,55 - 0,7 para los coeficientes 1,4 – 1,8 correspondientes a los dos valores respectivamente, obtenemos un coeficiente normativo estático igual a $n_{2e} = 1,64$.

En los cálculos por fatiga, el coeficiente e considera entre 1,5 y 2. Este coeficiente se aumenta en el caso de materiales de poca homogeneidad (sobre todo en el caso de fundición) y en el de piezas de gran tamaño, hasta 3 y más.

Para nuestro proyecto tomamos un coeficiente normativo dinámico igual a $n_{2d} = 1,5$ por ser de material homogéneo.

n_3 : es el coeficiente de las condiciones de trabajo que tiene en cuenta el grado de responsabilidad de la pieza. Su valor se admite entre 1 y 1,5.

Para nuestro proyecto tomamos un valor de $n_3 = 1,2$ por la zona de trabajo de la pieza, la protección adecuada y la responsabilidad de la misma.

El coeficiente normativo dinámico resulta:

$$n_d = n_1 \cdot n_{2d} \cdot n_3$$

$$n_d = 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,2 = 2,16$$

Verificación a las cargas dinámicas:

Coficiente de seguridad para la torsión:

$$n_{d,\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_\tau * \tau_a}{\varepsilon_\tau * \beta} + \psi_\sigma \tau_m}$$

Cálculo de los parámetros:

Coficiente efectivo de concentración de tensiones para árboles con chavetas.

En función del tipo de concentrador de tensiones, se busca directamente el K_τ en tabla.

En tabla 12.3 Pág. 330 de Stiopin para árboles con chavetero, entrando con σ_r del material.

ε_τ Factor de escala.

Por falta de datos experimentales, Stiopin considera que se puede aproximar $\varepsilon_\tau \approx \varepsilon_\sigma$

β Coeficiente de terminación superficial.

Con la figura 12.13 Pág. 332 de Stiopin entrando con σ_r del material y la curva correspondiente a la terminación superficial.

ψ_σ Coeficiente de sensibilidad a la simetría del ciclo.

Con la figura 12.1 entrando con σ_r y el tipo de sollicitación.

Coeficiente de seguridad dinámico a la torsión:

$$K_\tau = 1,8$$

$$\tau_{Max} = \frac{Mt}{Wp} = \frac{Mt}{\left(\frac{\pi * D^3}{16}\right)}$$

$$\tau_{Max} = \frac{Mt}{Wp} = \frac{1420kg/cm^2}{\left(\frac{\pi * 3cm^3}{16}\right)}$$

$$\tau_{Max} = 267.8 kg/cm^2$$

$$\tau_{min} = 0 \quad \text{Por ser ciclo punzante.}$$

$$\tau_a = \tau_{Max} = 267.8 kg/cm^2$$

$$\varepsilon_\tau \approx \varepsilon_\sigma = 0,63$$

$$\beta = 0,8$$

$$\psi_\tau = 0,05$$

$$\tau_m = \frac{267.8 kg/cm^2 + 0}{2} = 133.9 kg/cm^2$$

$$n_{d,\tau} = \frac{2090 kg/mm^2}{\frac{1,85 \cdot 267.8 kg/cm^2}{0,63 \cdot 0,8} + 0,05 \cdot 133.9 kg/cm^2} = 2.11$$

Entonces

$$n_d = 2,16$$

$$n_{d.\tau} = 2.11$$

Como se puede observar el árbol verifica a las cargas máximas a la que esta solicitado.

$$n_d > n_{d.\tau}$$



Fig. 5.10: Árbol de transmisión de potencia.

Se necesita otro cambio en el eje de transmisión (figura 5.10) porque los fuelles de goma de las juntas homocinéticas no están diseñados para soportar más de 1500 rpm ya que se ven afectados por el peso de la grasa lubricante en su interior a causa de la fuerza centrífuga a altas revoluciones y en nuestro caso el motor puede llegar hasta las 6500 rpm, por este motivo se cambia por tapas de goma rígidos que logran la contención de la grasa a elevadas rpm, los cuales cumplen con los requisitos satisfactoriamente. Se puede ver en la siguiente imagen el eje ya instalado:

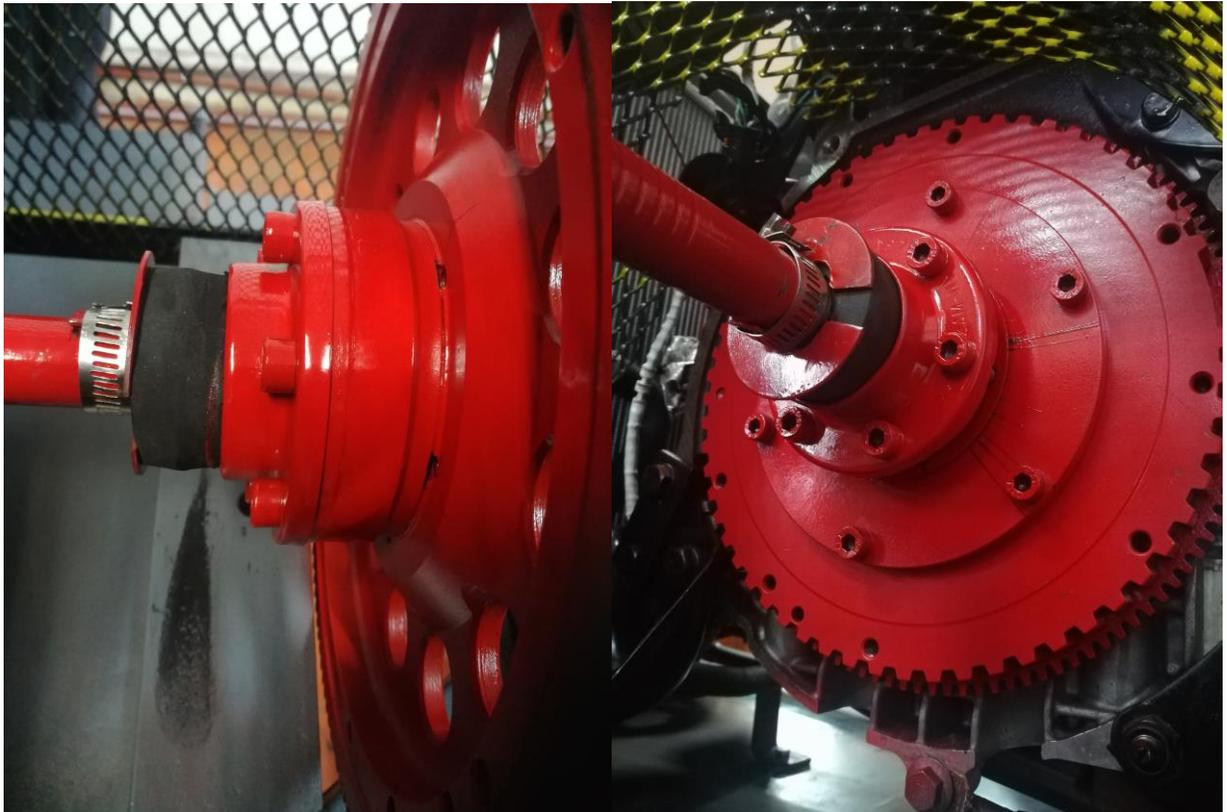


Fig. 5.11: Extremos del árbol de transmisión en ambos volantes.



Fig. 5.12: Sistema de transmisión de potencia con su respectiva protección.

Montaje y disposición del dinamómetro

Como punto de partida del diseño de la estructura del dinamómetro hidráulico contamos con que el motor ya estaba montado en una mesa, con lo cual tenemos que condicionarla a la altura y distancia existentes en la posición de la salida del cigüeñal del motor. También se hace uso de la estructura metálica original del dinamómetro adquirido, aprovechando los materiales disponibles para minimizar gastos y modificándolos para lograr la estructura necesaria.

En la siguiente imagen se puede ver la estructura para el montaje del dispositivo luego de la restauración:



Fig. 5.13: Estructura de soporte del dinamómetro

El diseño de la estructura de montaje comprende un sistema para la regulación de altura del dinamómetro mediante varillas roscadas, contiene el sistema de medición de la fuerza y de la velocidad de giro del eje, como así también la soportería de las cañerías de agua de ingreso, salida y purgas del sistema de medición de potencia.

Instalación de agua

Como punto de partida del diseño de la instalación de agua se tiene el análisis de las condiciones de caudal, presión y temperatura de la misma para su óptimo funcionamiento. Para esto, se recurre a la consulta con el propietario anterior, quien es un profesional experto en el tema, ya que realiza pruebas de potencia para motores de competición de hasta 150 HP.

Consideraciones para la instalación:

La leyes termodinámicas indican que los absolvedores refrigerados con agua (incluso los de corrientes parásitas y las unidades de bomba hidráulica) necesitan un caudal de 3,7 litros por minuto por cada 20 caballos de fuerza que se cargan (se supone un aumento de temperatura de 40° C). Idealmente, el suministro debería mantener una presión estacionaria de 1 bar aproximadamente.

La mayoría de los suministros de agua de los talleres municipales cumplen los requisitos para las pruebas de motores. En realidad, quizá se pueda obtener el flujo adecuado de una manguera de jardín de $\frac{3}{4}$ " de diámetro. Sin embargo, si no se tiene suministro suficiente, se intenta reemplazar ese grifo restrictivo de manguera de jardín por una válvula esférica de alto flujo. Cuando se tiene un pozo privado, es posible recibir grandes cambios de presión cuando la bomba se encienda y se apague. De ser así, se estabiliza la situación con una válvula reductora de presión.

Además de un suministro de agua, se necesita aire fresco. Normalmente se menosprecian los requisitos de ventilación de la sala. Se necesita un área amplia con conductos de entrada y salida combinados con ventiladores si es posible para ventilar la sala. En particular, si intenta hacer funcionar el escape hacia el aire “abierto”. Aunque tenga un buen silenciador, saldrá mucho ruido del sistema de ventilación.

La información adquirida hace referencia a que el dispositivo hidráulico necesita de una presión comprendida entre 0,5-1 bar y el caudal proporcionado por cañería de 1" como mínimo, a temperatura ambiente. Con lo nombrado anteriormente, se tomaron las medidas mínimas para la instalación requerida garantizando su funcionalidad y logrando el menor costo posible para llevarlo a cabo.

Para la regulación del ingreso de agua al dispositivo, es necesario contar con una válvula de regulación de caudal, por este motivo y con el asesoramiento de un experto en el tema concluimos en la selección de una válvula globo de una pulgada. La válvula es fijada por debajo del tablero.

La cañería de agua de alimentación del sistema se realiza por medio de caños plásticos de 1" de diámetro comenzando desde la instalación de agua proporcionada por la facultad, desde donde se conecta una manguera flexible de tipo riego para mantener la movilidad del banco de pruebas con respecto a la pared. Sobre el banco tenemos un circuito fijado por grampas hasta llegar a una válvula esférica de $\frac{1}{4}$ vuelta que es utilizada para comandar las pruebas de medición de potencia en conjunto con el acelerador del motor. El circuito continúa hacia la entrada del dinamómetro donde el acople se realiza mediante una manguera de goma que evita que la cañería fija restrinja en cierta medida el movimiento pivotante del dispositivo.

En la instalación ya existente en la Facultad, se cuenta con 2 tanques de almacenamiento de agua de 500 litros cada uno, conectados en paralelo, ubicado a 7 metros de altura lo cual nos brinda una presión de entrada de 0,7 bar aproximadamente, valor que es totalmente aceptable para nuestro dispositivo. Para evitar pérdidas de agua en la cañería, se instalan abrazaderas metálicas en todas las uniones.



Fig. 5.14: Sistema de regulación de agua de entrada al dinamómetro.

A la salida del dinamómetro se coloca directamente una válvula esférica de $\frac{1}{4}$ vuelta de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, que es utilizada para la regulación fija del caudal de salida del mismo. Luego de la válvula antes mencionada se conecta una manguera cristal de $\frac{1}{2}$ " de diámetro para el desagote en un registro ubicado por detrás del banco de pruebas en el Laboratorio de Mecánica de la Facultad. Para finalizar el circuito de agua, se unen las mangueras de las purgas de los retenes del dinamómetro a una manguera cristal de $\frac{1}{2}$ " de diámetro que tiene su desagüe en el mismo registro que utiliza la manguera de salida.



Fig. 5.15: Entrada de agua al dinamómetro.

Protecciones

En el banco se presentan tres zonas peligrosas bien marcadas, que son las siguientes:

- La correa poly V de accesorios del motor con riesgo de atrapamiento.
- La salida del escape del motor con temperaturas peligrosas para el contacto con las personas.
- La zona de transmisión de potencia entre el motor y el dinamómetro por riesgo de atrapamiento y posible desprendimiento de objetos a causa de las altas velocidades que se mantienen en esa zona.

Los resguardos se deben considerar como la primera medida de protección a tomar para el control de los peligros mecánicos en máquinas, entendiendo como resguardo a un medio de protección que impide o dificulta el acceso de las personas o de sus miembros al punto o zona de peligro de una máquina.

A cada una de las cuales se debe diseñar una protección adecuada para cada riesgo presente. Para comenzar con esto, se hace hincapié en la normativa vigente en nuestro país, la cual es el decreto 351/79 de Seguridad e Higiene en el Trabajo. En el capítulo XV, desde el artículo 103 hasta el artículo 109.

En los tres casos se debe evitar el contacto directo con cualquiera de los elementos peligrosos para las personas. Por lo tanto se planteó un sistema de protección que cumpla la característica de barrera mecánica sin la posibilidad de ingreso de extremidades en esas zonas nombradas, teniendo además la posibilidad de poder observar a través de esas barreras el funcionamiento y estado de las transmisiones.

Se optó por la elección de mallas Shulman de acero SAE 1010 muy utilizada en protecciones de máquinas por su gran resistencia mecánica y su fácil soldadura a estructuras de soporte. Disminuyendo considerablemente riesgos a las personas por posibles desprendimientos de objetos contundentes y un tamaño de orificio adecuado evitando el ingreso de extremidades.

La función de los colores y las señales de seguridad es atraer la atención sobre lugares, objetos o situaciones que puedan provocar accidentes u originar riesgos a la salud, así como indicar la ubicación de dispositivos o equipos que tengan importancia desde el punto de vista de la seguridad. Se analizaron los colores y señales de seguridad, según la norma IRAM 10005 - 1ra Parte, donde encontramos “Riesgos en Máquinas, Equipos e Instalaciones” cuyo objeto fundamental es establecer los colores de seguridad y las formas y colores de las señales de seguridad a emplear.

Para adentrarse en el tema, se concretan definiciones generales:

Color de seguridad: A los fines de la seguridad color de características específicas al que se le asigna un significado definido.

Símbolo de seguridad: Representación gráfica que se utiliza en las señales de seguridad.

Señal de seguridad: Aquella que, mediante la combinación de una forma geométrica, de un color y de un símbolo, da una indicación concreta relacionada con la seguridad. La señal de seguridad puede incluir un texto (palabras, letras o cifras) destinado a aclarar sus significado y alcance.

Señal suplementaria: Aquella que tiene solamente un texto, destinado a completar, si fuese necesario, la información suministrada por una señal de seguridad.

Se usa el color amarillo para las protecciones, respetando la norma citada, a continuación podemos ver los puntos de utilización del mismo:

Preparó: Carmona, Anibal; Reniero, Alan; Steven, Germán	Revisó:	Aprobó:	Página 24 de 68
--	---------	---------	-----------------

Amarillo

Se usará solo o combinado con bandas de color negro, de igual ancho, inclinadas 45° respecto de la horizontal para indicar precaución o advertir sobre riesgos en:

- Partes de máquinas que puedan golpear, cortar, electrocutar o dañar de cualquier otro modo; además se usará para enfatizar dichos riesgos en caso de quitarse las protecciones o tapas y también para indicar los límites de carrera de partes móviles.
- Interior o bordes de puertas o tapas que deben permanecer habitualmente cerradas, por ejemplo de: tapas de cajas de llaves, fusibles o conexiones eléctricas, contacto del marco de las puertas cerradas (puerta de la caja de escalera y de la antecámara del ascensor contra incendio), de tapas de piso o de inspección.
- Desniveles que puedan originar caídas, por ejemplo: primer y último tramo de escalera, bordes de plataformas, fosas, etc.
- Barreras o vallas, barandas, pilares, postes, partes salientes de instalaciones o artefacto que se prolonguen dentro de las áreas de pasajes normales y que puedan ser chocados o golpeados.
- Partes salientes de equipos de construcciones o movimiento de materiales (paragolpes, plumas), de topadoras, tractores, grúas, zorras auto elevadores, etc.).

Cuadro resumen de los colores de seguridad y colores de contraste de contraste:

Color de Seguridad	Significado	Aplicación	Formato y color de la señal	Color del símbolo	Color de contraste
Rojo	<ul style="list-style-type: none"> • Pararse • Prohibición • Elementos contra incendio 	<ul style="list-style-type: none"> • Señales de detención • Dispositivos de parada de emergencia • Señales de prohibición 	Corona circular con una barra transversal superpuesta al símbolo	Negro	Blanco
Amarillo	<ul style="list-style-type: none"> • Precaución 	<ul style="list-style-type: none"> • Indicación de riesgos (incendio, explosión, radiación ionizante) 	Triángulo de contorno negro	Negro	Amarillo
	<ul style="list-style-type: none"> • Advertencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Indicación de desniveles, pasos bajos, obstáculos, etc. 	Banda de amarillo combinado con bandas de color negro		
Verde	<ul style="list-style-type: none"> • Condición segura • Señal informativa 	<ul style="list-style-type: none"> • Indicación de rutas de escape. Salida de emergencia. Estación de rescate o de Primeros Auxilios, etc. 	Cuadrado o rectángulo sin contorno	Blanco	Verde
Azul	<ul style="list-style-type: none"> • Obligatoriedad 	<ul style="list-style-type: none"> • Obligatoriedad de usar equipos de protección personal 	Círculo de color azul sin contorno	Blanco	Azul

Señales de advertencia:

La forma de las señales de advertencia es la indicada en la figura 5.16. El color del fondo debe ser amarillo. La banda triangular debe ser negra. El símbolo de seguridad debe ser negro y

estar ubicado en el centro. El color amarillo debe cubrir como mínimo el 50 % del área de la señal. Las señales utilizadas tienen una longitud l de 12 cm, por ende la banda es de 0,72 cm.

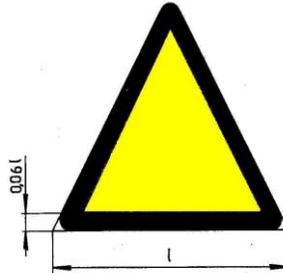


Fig. 5.16: Señal de advertencia.



Fig. 5.17. Protección de correas.

En la siguiente imagen se puede observar la protección de la salida de escape que se encuentra en un extremo de la mesa con un acceso fácil y peligroso sin la presencia de la

protección, por ende se colocó una rejilla bien señalizada protegiendo de posibles contactos accidentales al mismo cuando se encuentre a temperaturas peligrosas.



Fig. 5.18: Protección de la salida de escape del motor.

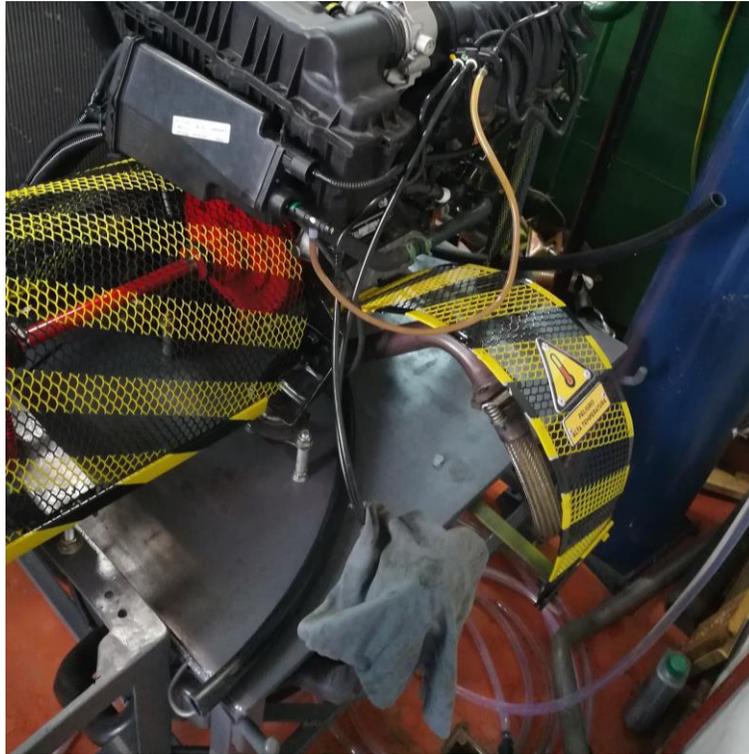


Fig. 5.19: Barrera de protección del sistema de transmisión y escape del motor

Medición de la fuerza P

La fuerza P que se genera en el extremo del brazo de palanca, producido por el torque del freno es necesario medirlo digitalmente para luego ingresar el valor en el software.

El dispositivo que existe para medir fuerza se llama celda de carga, es una estructura diseñada para soportar cargas de compresión, tensión y flexión, en cuyo interior se encuentra uno o varios sensores de deformación llamados galgas extensiométricas que detectan los valores de deformación. En este caso es necesario una celda de carga de tracción, ya que los esfuerzos se generan de la siguiente manera:

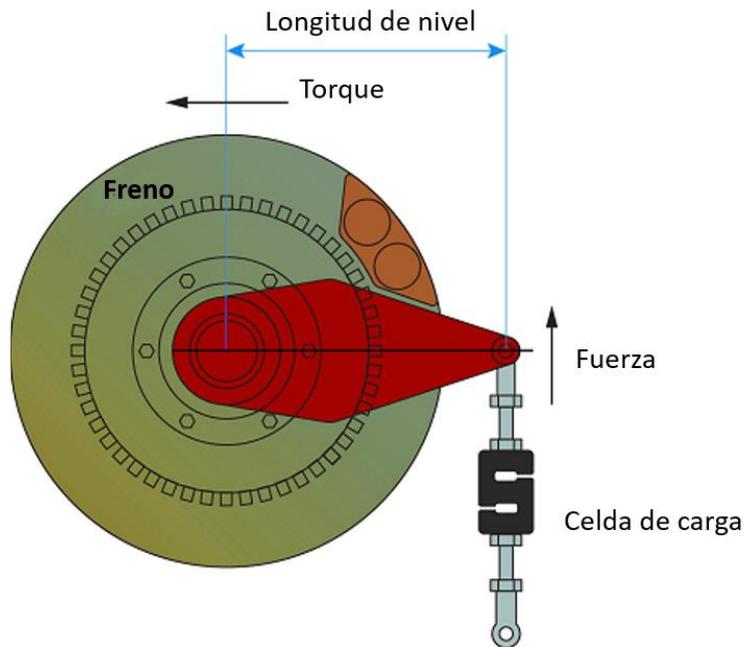


Fig. 5.20: Esquema de sistema de medición de potencia.

El torque máximo generado por el motor se obtiene de la ficha técnica del mismo, su valor es de 155 Nm a 4250 rpm.

$$Mt = 155 \text{ Nm} * \frac{9.8 \text{ N}}{\text{Kg}} * \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}$$

$$Mt = 1581 \text{ Kg} * \text{cm}$$

Sabiendo que el brazo de palanca es de 71,62 cm:

$$P = \frac{1581 \text{ Kg} * \text{cm}}{71,62 \text{ cm}} = 22,07 \text{ Kg}$$

Teniendo en cuenta un rango de seguridad, es necesario utilizar una celda de carga que soporte hasta al menos 30 Kg de fuerza.

En el mercado existe una variedad muy grande de celdas de carga en función de su funcionalidad, la selección se realiza en función a las celdas de carga que son estudiadas en las prácticas de la cátedra Automatización y Control Industrial.



Fig. 5.21: Fuente <http://www.mercadolibre.com.ar/celda> Consulta: Junio 2018.

La opción elegida es una celda de carga de 30kg, marca Kretz. Modelo Kd-30 de 2mV/V y 350 ohm.

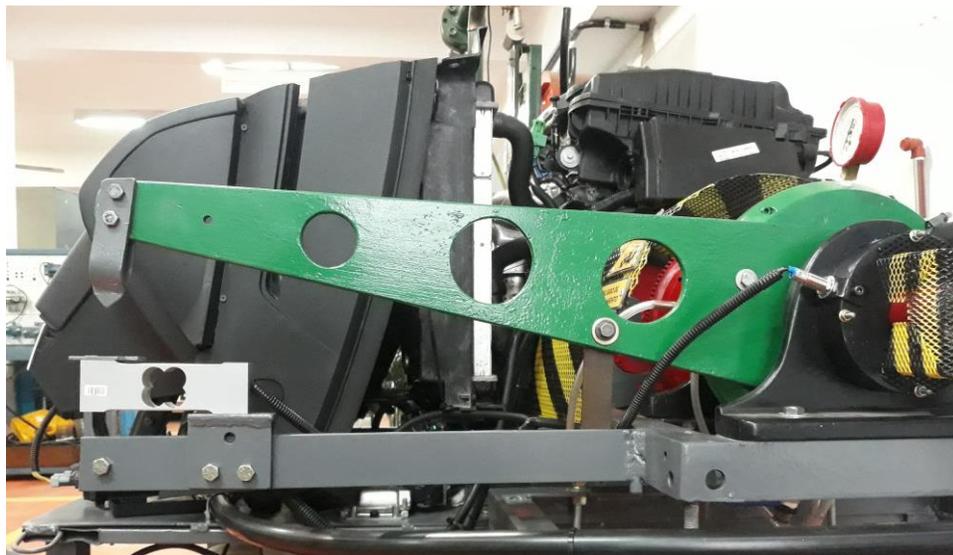


Fig. 5.22: Sistema de medición de la fuerza P

Medición de rpm

Los sensores inductivos de velocidad y posición tienen una gran variedad de formas, tamaños y diseños. Todos los sensores inductivos funcionan según los principios de transformador y utilizan un fenómeno físico que se basa en alternar las corrientes eléctricas.

El dispositivo para medición de la velocidad de giro del eje de transmisión es un sensor de proximidad inductivo modelo npn 6-36v lj12a3-4-z/bx, adquirido mediante el proveedor Monarca Electrónica.



Fig. 5.23: Fuente: www.monarca.com.ar - Consulta: Julio 2018.

En un sensor de proximidad sencillo (denominado a veces interruptor de proximidad o prox), el dispositivo cuenta con suministro eléctrico, lo que provoca que fluya una corriente alterna en una bobina (denominada a veces circuito, carrete o bobina). Cuando un objetivo conductivo o permeable magnéticamente, como un disco de acero, se acerca a la bobina, cambia su impedancia. Cuando sobrepasa el umbral, actúa como una señal de que el objetivo está presente.

El sensor inductivo tiene 3 cables:

- Marrón: Alimentación de 5 voltios
- Celeste: Tierra.
- Negro: Señal.

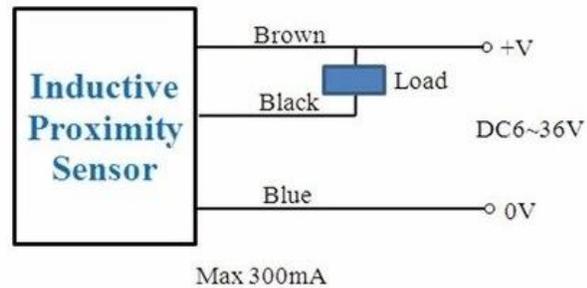


Fig. 5.24: Diagrama de conexión de sensor inductivo

Con este criterio podemos usar un punto en la superficie del eje y que en cada giro sea detectado por el sensor, como por ejemplo la cabeza de un tornillo, el sensor inductivo notificará de él cuando se enfrente. Esto se repite en cada vuelta, entonces la señal detectada se usa como medidor de revoluciones por minuto del eje.



Fig. 5.25: Sensor inductivo instalado, vista lateral.



Fig. 5.26: Sensor inductivo montado en dinamómetro.

Motor paso a paso del tablero.

El tablero de instrumentos del banco de pruebas se utiliza para monitorear el funcionamiento del motor, pero el velocímetro queda en desuso, esto genera la oportunidad de modificar su funcionamiento para que en este instrumento se indique la potencia instantánea generada por el motor.

Se desarmó el tablero para acceder al motor paso a paso que controla el velocímetro. En primer lugar se aíslan los contactos del motor con la plaqueta original, soldando nuevos cables al motor para realizar la comunicación con la plataforma arduino.

El motor paso a paso cuenta con 2 bobinas y 4 conectores, los cuales se conectan directamente al arduino. Conectando una bobina en los pines digitales 8 y 9, y la otra bobina en los pines digitales 10 y 11.

En la superficie interna del tablero, se colocaron dos etiquetas que indican el nuevo uso del instrumento y su unidad de medición. (Figura 5.27).



Fig. 5.27: Tablero de instrumentos con medidor de potencia en HP.

Interfaz para software

Como nexo entre los sensores del banco de pruebas (celda de carga y medidor de rpm) y del software, se coloca una interfaz llamada arduino.

Arduino es una plataforma de hardware y software de código abierto, basada en una sencilla placa con entradas y salidas, analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación Processing. Es decir, una plataforma de código abierto para prototipos electrónicos.

Existen diversos tipos de plataformas arduino en el mercado. En este caso se selecciona un arduino UNO (Figura 5.28) de la marca Full Energy porque es el más común y para el objetivo del proyecto cumple ampliamente su funcionalidad.

Para obtener la funcionalidad requerida, es necesario colocar una interfaz que transforme el dato analógico que genera la celda de carga y lo transforme en digital para que luego el arduino lo procese.

Esta interfaz se llama Hx711 y se coloca directamente entre la celda de carga y la plaqueta de arduino, como se muestra en el esquema a continuación.



Fig 5.28: Arduino UNO.

Las conexiones cada elemento en la plataforma Arduino UNO son las siguientes:

Interfaz Hx711:

- Puerto GND en GND de arduino.
- Puerto VCC en el pin de 5V de arduino.
- Puerto DT en el pin 4 digital de arduino.
- Puerto SCK en el pin 3 digital de arduino.

Sensor Inductivo:

- Cable de alimentación al pin de 5V de arduino.
- Cable de masa a GND de arduino.
- Cable de señal al pin 2 digital de arduino

Motor paso a paso:

- Bobina 1 conectada en los pines digitales 8 y 9 de arduino.
- Bobina 2 conectada en los pines digitales 10 y 11 de arduino.

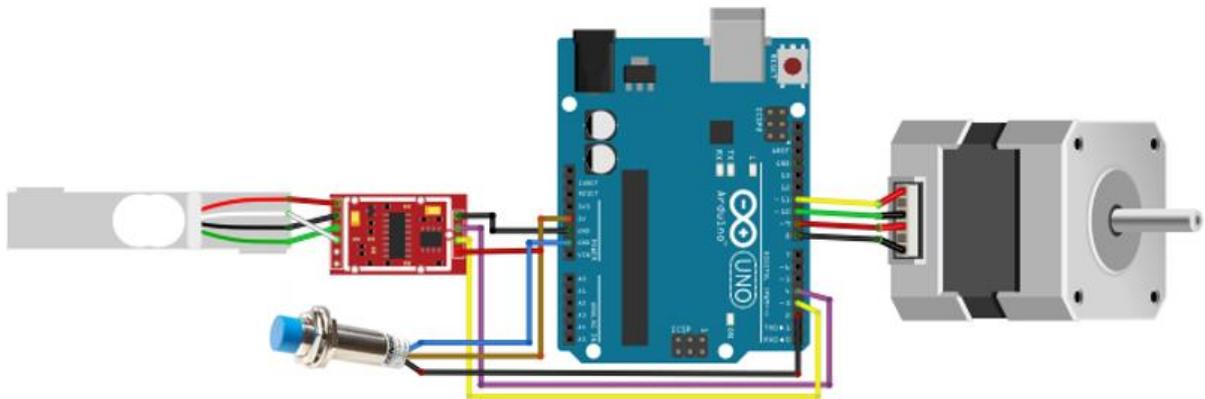


Fig. 5.29: Conexión de los elementos de medición a la plataforma arduino.

Las líneas de código que utiliza arduino para leer los pines conectados y calcular la potencia son los siguientes:

Software.

Para poder obtener el valor de la potencia y torque y sus respectivos gráficos es necesario diseñar un software que genere los resultados necesarios.

En el programa ingresan los datos obtenidos en las entradas de la plataforma arduino para luego realizar los datos correspondientes.

Líneas de código de arduino

Las líneas de código que utiliza arduino para leer los pines conectados y calcular la potencia son las siguientes:

```
#include <Stepper.h>
#include "HX711.h"
#define STEPS 50
Stepper stepper(STEPS, 8, 9, 10, 11);
HX711 balanza(3, 4);

const byte rpmInputPin = 2;
const byte rpmMeasurementCycles = 2;
const byte printInterval = 500;

volatile unsigned long startTime, stopTime;
volatile byte rpmCount, testState;
unsigned long rpmPeriod, currentMillis, previousMillis = 0;;
float rpmFrequency, rpm;
long val = 0;
float kg = 0;
int retardo=1; // Tiempo de retardo en milisegundos (Velocidad del Motor)
float pot; // valor recibido en grados
int numero_pasos = 0; // Valor en grados donde se encuentra el motor
String leeCadena; // Almacena la cadena de datos recibida
float potencia = 0;

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  pinMode(rpmInputPin, INPUT);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(rpmInputPin), rpmMeasure, RISING);
  stepper.setSpeed(300); //Velocidad en rpm

  balanza.set_scale(-155396); // Establecemos la escala
  balanza.tare(40); //El peso actual es considerado Tara.
```

```
}  
  
void loop()  
{  
  
  if (testState == 2) EIMSK &= ~bit(INT0); // disable INT0 interrupt  
  currentMillis = millis();  
  
  if (currentMillis - previousMillis >= printInterval) {  
    previousMillis = currentMillis;  
    if (testState == 2) { // testing completed, results are ready  
      noInterrupts();  
      rpmPeriod = (stopTime - startTime) / rpmMeasurementCycles;  
      interrupts();  
      rpmFrequency = 1000000.0 / rpmPeriod;  
      rpm = rpmFrequency * 60.0;  
  
      kg = balanza.get_units(1);  
      pot = 0.00101157 * rpm * kg;  
  
      Serial.print(pot);  
      Serial.print("&");  
      Serial.print(rpm);  
      Serial.print("&");  
      Serial.println(kg);  
  
      /*Serial.println(" HP");*/  
      pot = (pot * 0.68); // Ajuste de 512 vueltas a los 360 grados  
      rpmCount = 0;  
      testState = 0; // clear testState  
      EIFR |= bit(INTF0); // clear INT0 interrupt flag  
      EIMSK |= bit(INT0); // enable INT0 interrupt  
      while (pot > numero_pasos) { // Giro hacia la izquierda  
        paso_izq();  
        numero_pasos = numero_pasos + 1;  
      }  
      while (pot < numero_pasos) { // Giro hacia la derecha  
        paso_der();
```

```
numero_pasos = numero_pasos -1;

void paso_der(){ // Pasos a la derecha
  stepper.step(1);
}

void paso_izq() { // Pasos a la izquierda
  stepper.step(-1);
}

void rpmMeasure() {
  switch (testState) {
  case 0:
    startTime = micros();
    testState = 1;
    break;
  case 1:
    rpmCount++;
    if (rpmCount == rpmMeasurementCycles) {
      stopTime = micros();
      testState = 2;
    }
    break;
  }
}
```

Pruebas de potencia.

En grandes rasgos, el control de las pruebas de potencia se realiza mediante la válvula de regulación de carga y el acelerador. Tanto los métodos para realizar pruebas exitosas como también los puntos críticos de seguridad, se encuentran detallados a continuación.

Tipos de potencia.

Antes de proceder con el cálculo de la potencia generada por el motor, es necesario definir y aclarar que existen en realidad cuatro "tipos" de potencia utilizados frecuentemente entre los interesados del tema.

1) Potencia bruta: es la potencia que genera el motor cuando se hace funcionar sin todos los accesorios que no son esenciales para su funcionamiento, por lo tanto solo se deja en

funcionamiento la bomba de aceite, nafta, el sistema de inyección o carburador y hasta a veces se sustituye la bomba de agua por una bomba externa. De esta manera se elimina el filtro de aire (puede reducir la potencia en hasta de 2 HP), ventilador del motor (puede consumir hasta 10 HP si es del tipo acoplado directamente al motor), sistema de escape completo (con silenciador y catalizador puede consumir entre 4 y 6 HP), alternador (absorbe menos de 2 HP), bomba de dirección hidráulica, sistemas antipolución, recirculación de gases, etc. Por lo tanto, esta potencia siempre es mucho mayor que la producida cuando se coloca el motor en un automóvil.

2) Potencia neta: es la potencia medida con el motor en las mismas condiciones en que va montado en el auto. Es decir, con todos los accesorios (Alternador, filtro de aire, ventilador del radiador, sistema de escape original, etc.)

3) Potencia divulgada o de publicidad: es la potencia que las fábricas utilizan para efectos de publicidad. Generalmente se utiliza para la medición un motor "perfecto", en el sentido de que se busca balancear lo mejor posible sus masas móviles (conjuntos biela-pistón, cigüeñal, volante) y las cámaras de combustión, también se busca combustión estequiométrica perfecta en la mezcla de cada cilindro. En muchos casos para levantar la curva de potencia se acelera el motor en incrementos de 200 RPM y en cada punto se ajusta el encendido y la alimentación para conseguir la máxima potencia. También suele utilizarse el combustible con el mayor octanaje disponible. En algunas pruebas se llegan a colocar grandes ventiladores soplando aire cerca de la admisión y otros cerca del escape para ayudar al motor a "respirar".

4) Potencia real: es la potencia que genera cualquier motor de un vehículo estándar, sólo se puede conocer con exactitud si se coloca el motor en un banco de pruebas tal cual está en el auto. Las variaciones entre un auto a otro de la misma marca y modelo pueden ser significativas. Este valor de potencia, tratándose de un motor estándar elegido al azar, por lo general es siempre el menor de las cuatro potencias antes descritas.

Antes de comenzar con la prueba

Antes de realizar cualquier prueba de potencia, es fundamental estar familiarizado con el banco de pruebas, eso implica leer detalladamente el manual de funcionamiento en el capítulo de puesta en marcha, para conocer su comportamiento y los riesgos que pueden existir. Luego seguir los siguientes pasos:

- Registrar los datos climáticos: la temperatura del aire, la presión barométrica y la humedad. Estos tres parámetros deben ser adquiridos en cada sesión de prueba para luego calcular el factor de corrección de potencia.

- Antes de arrancar el motor, es necesario verificar que el circuito de agua esté correctamente conectado. Luego se debe abrir la válvula de la red de agua de la facultad y verificar que cuando se abre la válvula 1 (Figura X) salga agua por la manguera de salida del dinamómetro.
- Se recomienda colocar un ventilador que circule el aire alrededor del motor, con el objetivo de homogeneizar el aire y refrigerar el block del motor.
- Quitar el seguro del brazo de palanca (Figura X)
- Conectar la PC en la interfaz mediante el cable USB.
- Con la válvula 1 en posición cerrada, proceder con la puesta en marcha y esperar hasta que el motor esté en su temperatura de funcionamiento normal.
- Comenzar a aplicar pequeñas cargas a un máximo 2500 rpm para observar el funcionamiento del dinamómetro (Siempre debe salir al menos un poco de agua del dinamómetro).

Si todos los puntos anteriores se cumplen satisfactoriamente, proceder en con los pasos de medición de potencia.



Fig. 5.30: Suministro de agua de la facultad.

Su primera prueba con el dinamómetro.

Para comenzar con los siguientes pasos es necesario que se cumplan satisfactoriamente los procesos previos descritos en la sección anterior.

Antes de realizar una prueba de potencia máxima es necesario familiarizarse con la metodología de las pruebas, para ello, proceder con los siguientes pasos.

- Acelerar el motor hasta las 2000 rpm y abrir al 100% la válvula de carga (1). Esperar un momento mientras se llena de agua el dinamómetro (comienza una disminución de las rpm mientras aumenta la carga, intentar mantener constantes las rpm en el punto de consigna).
- Una vez que se observa que el motor tiene una carga importante, acelerar progresivamente el motor hasta que llegue a su carga máxima (2800 rpm).
- Mantener el acelerador en plena carga mientras que con la válvula de control del freno se regulan las rpm. Observar que es el acelerador es el que controla la carga del motor, mientras que la válvula de “carga” del freno, en realidad regula las rpm.
- Cuando el acelerador se encuentre en su punto máximo (donde se hará la mayor parte de la prueba) mantenerlo en esa posición mientras se cierra la válvula de control del freno, causando un aumento de las rpm. Mantener el motor entre los puntos de rpm deseados.
- Cuando haya pasado por cada punto de rpm, mantener en cada uno el suficiente tiempo para obtener datos significativos. Sólo soltar el acelerador cuando se finaliza la prueba, y al mismo tiempo cerrar la válvula de entrada del freno para que el motor se detenga.
- Detener el registro de datos, su primera prueba está completa.
- Verificar que el dinamómetro no tenga una temperatura demasiado elevada. Luego de una prueba de potencia máxima es recomendable dejar un momento la canilla de entrada abierta para refrigerar el freno.



Fig. 5.31: Válvula de regulación de carga.



Fig. 5.32: Seguro del brazo de palanca.

Si la prueba no se desarrolla dentro de los parámetros esperados, es posible que haya sucedido alguno de los siguientes problemas comunes:

- No se realizó la prueba con el acelerador en su punto máximo.
- No se dejó el tiempo suficiente de llenado del dinamómetro.
- El cierre de la válvula 1 no se realizó de forma progresiva.
- El dinamómetro no se encuentra regulado (Leer la sección de “regulación del dinamómetro” de página 46).
- No se cumplieron satisfactoriamente los pasos previos al comienzo de la prueba.

Factor de corrección de la potencia medida.

La mayoría de los números de potencia indicados en los catálogos automotrices son valores "corregidos". Esto quiere decir que se aplican estándares de corrección para igualar las lecturas de potencia tomadas en diferentes condiciones climáticas. Entonces, la única forma de comparar la potencia de un motor es corregir la potencia medida en un día determinado con respecto a parámetros estándar.

La potencia y torque disponibles de un motor de combustión interna normalmente aspirado dependen muchos factores, los parámetros que más afectan son la temperatura, presión y humedad, los cuales se resumen en la densidad del aire. Una mayor densidad de aire significa que hay más moléculas de oxígeno, se desarrolla una combustión mejor y por lo tanto una mayor potencia. Una densidad más baja significa menos oxígeno y en consecuencia, se genera menos potencia.

La potencia relativa y el factor de corrección permiten el cálculo matemático de la potencia solo bajo los efectos de la densidad del aire. Es necesario aclarar que se excluyen otros factores como la temperatura del motor y la calidad del combustible utilizado.

Las normas de corrección de potencia utilizan distintos parámetros de referencia, las normas más utilizadas son:

- SAE J607: Referencia a 60 °F con 0% de humedad y una presión barométrica de 29,92 in-Hg
- SAE J1349: Referencia de 25 °C día con 0% de humedad y una presión barométrica de 29.234 in-Hg (99 KPa).
- ECE es similar a la norma SAE J1349, la principal diferencia es que no utiliza la eficiencia mecánica en los cálculos.
- DIN: Referencia 20 °C día con 0% humedad y una presión barométrica de 29.92 in-Hg (101.3 KPa)
- JIS Referencia 25 °C día con 0% humedad y una presión barométrica de 29.23 4 in-Hg (99 KPa), pero utiliza diferentes curvas de corrección que las otras (como una sustitución por el uso de factores de eficiencia mecánica).
- J1995 Referencia 25 °C con 0% de humedad y una presión barométrica de 29.53 in-Hg (100 KPa).

En el presente proyecto se recomienda utilizar la norma SAE J1349 para obtener el factor de corrección, principalmente la siguiente actualización:

Actualización SAE J1349 de agosto 2004:

En agosto de 2004, SAE lanzó una actualización de la norma, llamada J1349 AUG2004 en la cual se revisa el método utilizado para determinar la potencia mecánica, determinando que la potencia de fricción utilizada por los accesorios del motor es la medición real, y que la suposición del 85% de eficiencia mecánica (como se usaba anteriormente en SAE J1349 Revisión JUN90) debería ser utilizada cuando los datos reales de fricción del motor no están disponibles.

De esta manera, la expresión utilizada para calcular el factor de corrección de la potencia (para motores de gasolina normalmente aspirados), suponiendo un 85% de eficiencia mecánica se presenta a continuación, convertida para usar presión en mb como:

$$cf = 1,18 * \left[\left(\frac{990}{P_d} \right) * \left(\frac{T_c + 273}{298} \right)^{0,5} \right] - 0,18$$

Además, se deja expresado que el rango en donde la expresión es consistente se encuentra en temperaturas del aire entre 15°C y 35°C y con un rango de presión de aire seco entre 900 mb y 1050 mb.

Las fórmulas se basan en la cantidad de oxígeno que se encuentra en el aire que respira el motor. Cuanto mayor sea el oxígeno, más combustible se puede quemar y, por lo tanto, más caballos de fuerza. Sin embargo, estas fórmulas no son perfectas.

El estándar SAE incluye el efecto de la "Eficiencia mecánica" del motor, básicamente es la cantidad de energía que el motor obtuvo del combustible con respecto a la energía que es utilizable en el volante. Analizando el motor desde ese punto de vista, es necesario incluir el par de fricción, el efecto viscoso, y otras energías necesarias para rotar el motor. En un motor de cuatro tiempos con aspiración normal, sae propone que se consume el 15% de su potencia desarrollada sol para hacer girar el motor.

Cuando se corrige la potencia generada en el volante, la fricción requerida para hacer girar el motor no cambia con el agregado de oxígeno en el aire.

Por lo tanto se debe afectar el factor de corrección c_f a la potencia total que produce el combustible, es decir:

$$PT = PV + PM$$

Donde:

PT es la potencia total generada por el combustible, PV es la potencia disponible en el volante (Potencia medida por el dinamómetro) y PM es la potencia mecánica consumida por el motor para su propio giro.

Tomando la consideración antes mencionada de que PM es el 15% de PV se obtiene su valor:

$$PM = PV * 0,15$$

Aplicando el factor de corrección de potencia a la potencia total se obtiene la potencia total corregida PT_c :

$$PT_c = (PV + PM) * c_f$$

Sabiendo que la potencia total corregida es la suma de la potencia corregida en el volante PV_c más la potencia mecánica. Esta última se mantiene constante a pesar de las variaciones de oxígeno en el aire.

Vale aclarar que P_{Vc} es el valor buscado, y NO es igual al resultado de multiplicar $P_V * f_c$.

$$P_{Tc} = P_{Vc} + P_M$$

Entonces:

$$P_{Vc} + P_M = (P_V + P_M) * f_c$$

Simplificando:

$$P_{Vc} = (P_V + P_M) * f_c - P_M$$

Este último valor, se debe aplicar a cada dato de potencia adquirido.

Presión de aire seco:

El factor de corrección de potencia, requiere el valor de la presión del aire seco, es decir, sin presencia de humedad.

La presión atmosférica total medida (también llamada presión real o presión absoluta) es la suma de la presión del aire seco y la presión de vapor:

$$P = P_d + P_v$$

Dónde: P = presión total

P_d = presión debida al aire seco

P_v = presión debida al vapor de agua

Entonces, reorganizando esa ecuación:

$$P_d = P - P_v$$

Como se puede observar, es necesario conocer la presión debida al vapor de agua y también la presión total.

Presión de vapor real de la humedad relativa:

La humedad relativa se define como la relación (expresada como un porcentaje) de la presión de vapor real a la presión de vapor de saturación a una temperatura dada.

Para encontrar la presión de vapor real, hay que multiplicar la presión de vapor de saturación por el porcentaje de humedad relativa. (Ejemplo: si en un día cualquiera la humedad relativa es

40% y la temperatura es de 30 °C, entonces la presión de vapor de saturación es 42.43 mb y la presión de vapor real es 40% de 42.43 mb, que es 16.97 mb.)

$$P_v = HR * P_s$$

Donde P_v = presión del vapor de agua (presión parcial)

HR = humedad relativa (expresada como un valor decimal)

P_s = presión de vapor de saturación.

Análisis de los datos.

Los valores que se obtienen son observados de manera instantánea durante la prueba, por lo tanto, se puede realizar una primera validación de los datos.

Si los resultados no se encuentran dentro del rango esperado: por ejemplo, si las rpm fallan por un factor de dos, es posible que la persona que realizó la prueba no mantuvo el acelerador en plena carga durante toda la prueba. O, si la potencia es sólo una fracción de lo que debería ser, puede ser que el dinamómetro se encuentre fuera de regulación (Ver sección de regulación del dinamómetro de página XX)

Tener en cuenta que los operadores que realizan sus primeras pruebas, al intentar regular las rpm, tienen el hábito de desacelerar en lugar de aumentar el arrastre del freno, lo cual provoca una lectura errónea.

Efectuar una segunda prueba de tracción, repetir los mismos procedimientos que en la primera prueba. Recordar siempre que el motor esté en su temperatura de régimen y luego comenzar con la prueba. Como no se introducen cambios se está buscando repetición, no un aumento de potencia. En realidad, se prueba la repetición del operador y la del motor, dado que el dinamómetro no se debe modificar entre una prueba y la siguiente.

Si los datos son válidos, es recomendable realizar un análisis más detallado mediante un software de procesamiento de datos, como por ejemplo Excel. Exportar los datos obtenidos de potencia, rpm y kg de la celda en dicho programa y realizar los gráficos de potencia vs rpm y de torque vs rpm. Se debe obtener gráficos similares a los siguientes:

Regulación del dinamómetro.

En primer lugar, es necesario aclarar que la regulación del dinamómetro es fija para cada motor. Es decir, que se debe modificar solamente cuando se reemplaza el motor a medir.

La regulación se realiza mediante una válvula 2 de ¼ vuelta (Figura 5.33) que se encuentra en la salida de agua del dinamómetro, debajo del mismo.



Fig 5.33: Válvula de regulación fija en la salida de agua del dinamómetro.

Para comenzar una puesta a punto desde cero, es necesario seguir los siguientes pasos:

- Abrir la válvula de la red de agua de la facultad.
- Abrir al 100% las válvulas 1 y 2.
- Acelerar el motor hasta las 3000 rpm e intentar mantenerlas constantes.
- Comenzar a cerrar progresivamente la válvula 2, dando un tiempo entre cada punto para que el dinamómetro se llene de agua.
- Al cerrar la válvula 2, aumenta la carga del motor, cuando el mismo se encuentre en carga máxima a 3000 rpm, el dinamómetro está regulado.

NOTA: nunca se debe cerrar por completo la válvula 2 ya que esto sobrecalienta el freno. Siempre debe salir agua por la manguera de salida del dinamómetro.

Sensores

Sensores de fábrica del motor

- Sensor de posición del cigüeñal (CKP)
- Sensor de presión (MAP) y temperatura del aire de entrada (IAT).
- Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT).
- Sensor de oxígeno (AFR1/2).
- Sensor de posición de levas (CMP).

- Sensor de detonación (KS).

Sensor de posición del cigüeñal (CKP)

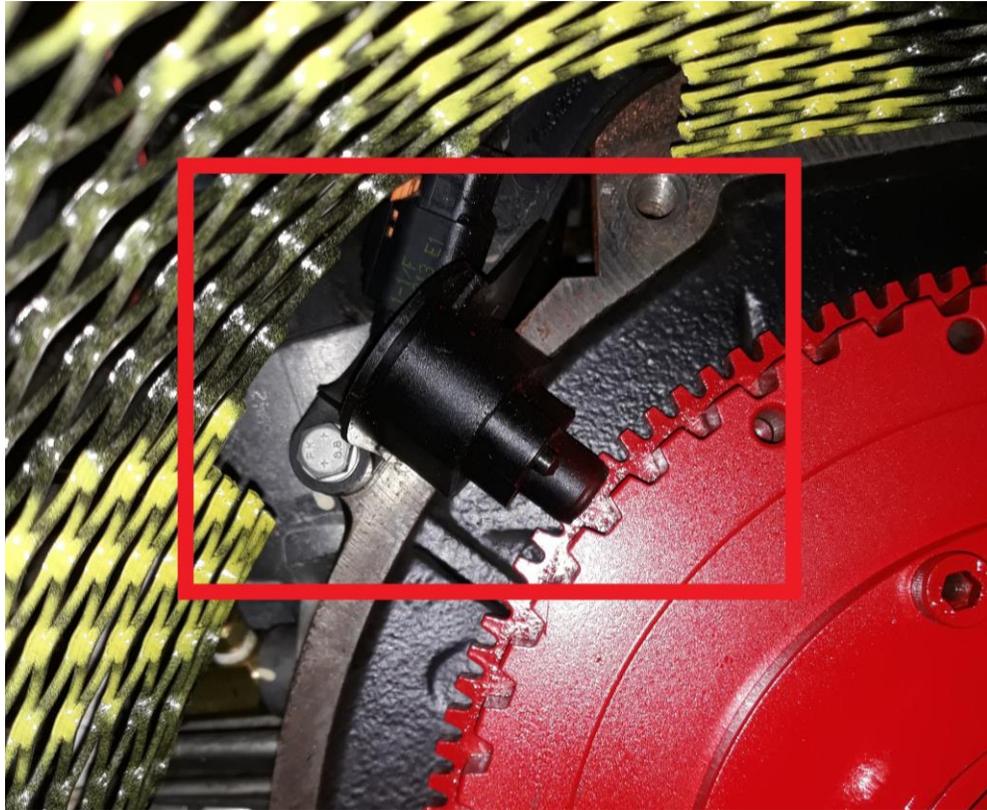


Fig. 5.34: Ubicación del sensor CKP en el motor EC5.

En los vehículos modernos de encendido electrónico es muy importante la función que cumplen los sensores CKP (sensor de posición del cigüeñal) ya que es el encargado de enviar la señal a la computadora informándole la posición en la que se encuentran los pistones, ya que la computadora requiere de esta información para mandar la chispa de encendido a las bujías y también el pulso de inyección.

El sensor CKP es un sensor de posición del ángulo de giro del cigüeñal y velocidad del mismo. Es un dispositivo de efecto inductivo. Se localiza en la parte media del motor, entre la caja y el monoblock. Cuenta con dos terminales y es de tipo generador de voltaje. Ya que este sensor funciona con el principio de inducción magnética.

Sensor de presión (MAP) y temperatura del aire de entrada (IAT)



Fig. 5.35: Ubicación del sensor en motor Peugeot EC5.



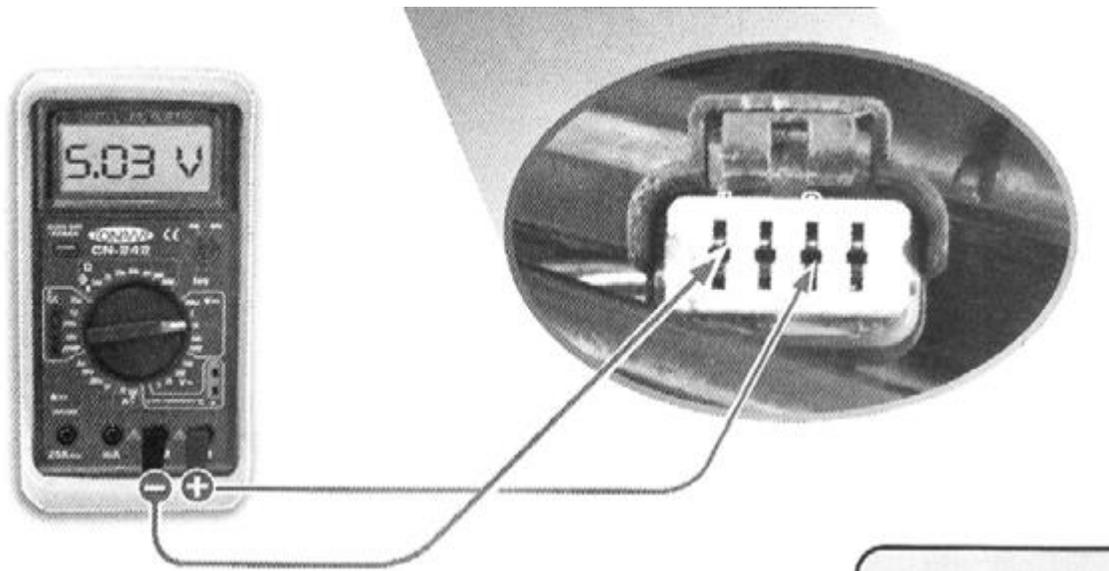
Fig. 5.35 Sensor MAP-IAT. Fuente: www.cammmotor.com.ar (consulta julio 2018)

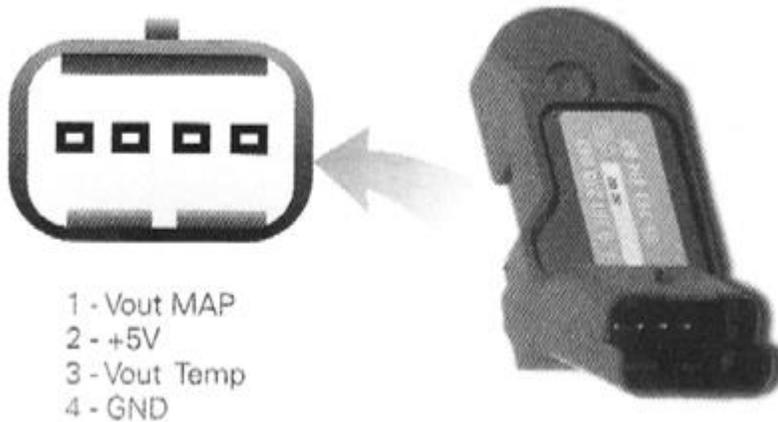
En conjunto, el sensor de presión absoluta del múltiple de admisión y el sensor de presión y temperatura del aire de entrada informan a la computadora sobre los cambios que ocurren en la presión del múltiple y en la temperatura del aire. Con base a esta información, la computadora hace que se modifique la marcha mínima, el ancho de pulso de inyección y el tiempo de encendido.

El volumen de aire de admisión es suministrado por la apertura de la mariposa de aceleración (área de sección transversal) que es calculado en función de la presión y temperatura del aire. Contribuye al módulo de control del motor para decidir la cantidad de mezcla que se va a inyectar, ya que los iones positivos dentro del inyector pueden variar debido a la temperatura del aire. De esta forma el Módulo del control electrónico del motor, toma la decisión de hacer más ancho el pulso de inyección o no.

Este sensor se encuentra instalado en la parte superior de la caja de control de presión en la admisión del motor.

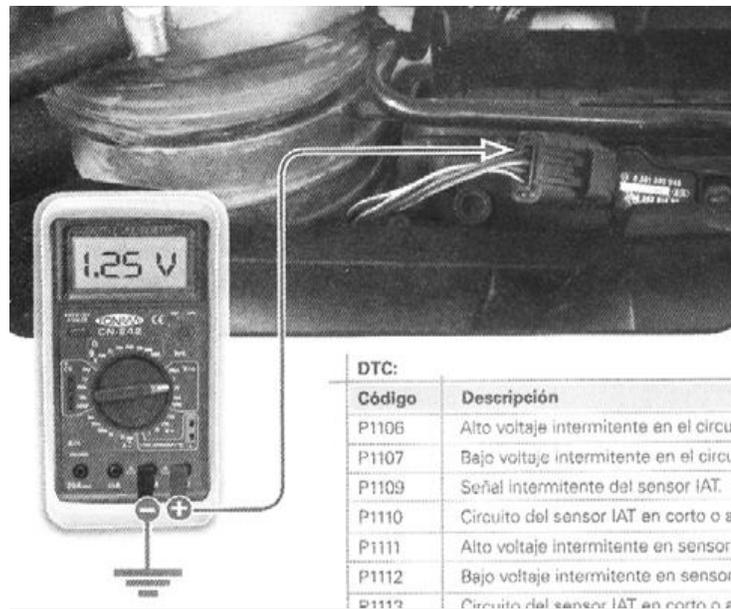
Medición de la alimentación del sensor de presión y temperatura del aire de entrada





El voltaje de alimentación del sensor se mide entre los terminales 2 y 4 de su conector. El multímetro debe registrar un valor de aproximadamente 5 V.

Medición con multímetro de la señal del sensor de presión absoluta del múltiple de admisión.



Medir la señal del sensor en marcha mínima, se verá que se tiene un valor de entre 0.9 y 1.5 Vcd. Si luego se realiza aceleraciones repentinas, el multímetro registrara un valor de más de 3

Vcd. La señal del sensor de presión absoluta se mide en el terminal 1 de su conector con respecto a tierra.

Medición de la señal del sensor de temperatura del aire de entrada

Se tiene una tabla de rangos de tensión obtenidos del sensor de temperatura, correspondiente a valores de temperatura. Se anexa la tabla a continuación:

Sensor de temp.	
Temp.	Tensión
0°C	3.8 V - 4 V
10°C	3.3 V - 3.8 V
20°C	3 V - 3.2 V
30°C	2.2 V - 3 V
40°C	2 V - 2.2 V
50°C	1.4 V - 2 V
60°C	1.2 V - 1.4 V
70°C	0.8 V - 1.2 V
80°C	0.6 V - 0.8 V
90°C	0.4 V - 0.6 V
100°C	0.3 V - 0.1 V

La señal generada por este sensor varía en función de los cambios de temperatura del aire que entra. A medida que aumenta la temperatura del aire, disminuye la resistencia interna del sensor; el voltaje se reduce en proporción a dicho cambio de temperatura.

El valor de la temperatura indicado por el sensor, debe estar relacionado con el voltaje que hay en la terminal 3 del conector de este elemento. Para comprobarlo, se debe colocar en ese terminal la punta de prueba roja de un multímetro. Y luego se debe consultar la tabla de datos técnicos del sensor (mostrada anteriormente), para verificar si el voltaje registrado por el multímetro se encuentra en el rango correspondiente al valor de la temperatura que el sensor indicó.

Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT)



Fig. 5.36: Ubicación del sensor ECT en motor Peugeot EC5.

Se encarga de medir la temperatura del refrigerante del motor a través de una resistencia, que provoca la caída de voltaje a la computadora para que ajuste la mezcla aire /combustible y la duración del pulso de los inyectores. Además este sensor envía información a la computadora para la activación del moto ventilador

Este sensor se localiza en el motor, junto a la caja de velocidades. La señal generada por este sensor depende de los cambios que ocurren en la temperatura del refrigerante. Cuando dicha temperatura es baja, el voltaje es alto.

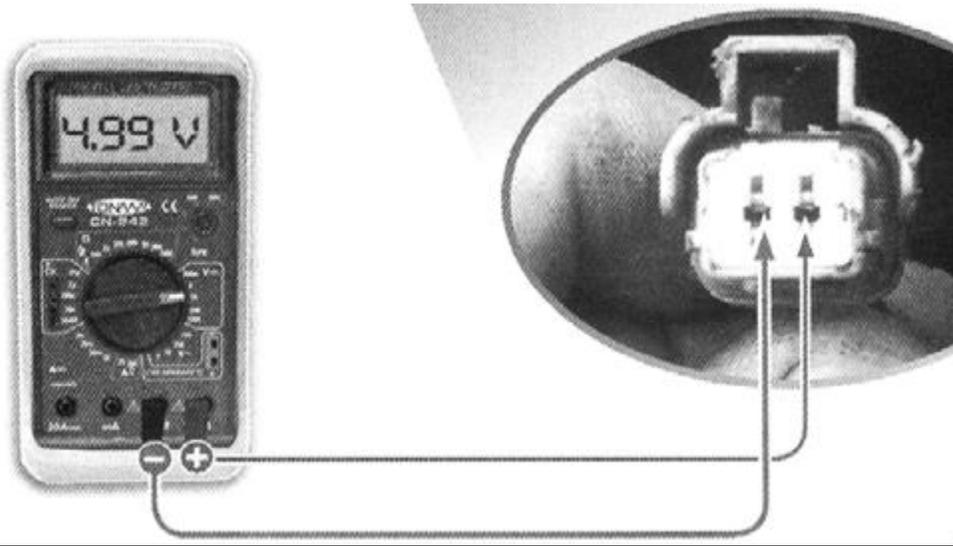
Tras poner en funcionamiento el motor, comienza a calentarse. Y a medida que aumenta la temperatura de motor, disminuye el voltaje.

Algunos de los problemas que se asocian a fallos en el sensor de temperatura del refrigerante son:

- Consumo excesivo de combustible.

- Mínima o ralentí inestable.
- Problemas para encender el auto en frío.
- Problemas en el arranque, con el motor a temperatura óptima de funcionamiento (caliente).

Medición de la alimentación del sensor de temperatura del refrigerante del motor:



Se debe desconectar el arnés del sensor, y colocar la llave de encendido en ON sin encender el motor. Midiendo entre ambos terminales de la ficha, se encontrara una alimentación de aproximadamente 5 V.

Medición del sensor en funcionamiento:

Para analizar el estado del sensor es necesario hacerle varias pruebas de voltaje y resistencia. Los valores obtenidos deben compararse con los que aparecen en la tabla de datos técnicos del propio sensor, que se muestra a continuación:

Tabla de datos técnicos

Temp.	Resistencia	Tensión
0°C	82000 - 99000Ω	3.8 V - 4 V
20°C	35000 - 40000Ω	3.2 V - 3 V
30°C	25000 - 28000Ω	2.6 V - 2.8 V
40°C	15000 - 17000Ω	2 V - 2.2 V
50°C	11000 - 13000Ω	1.7 V - 1.9 V
60°C	7100 - 8000Ω	1.2 V - 1.4 V
70°C	5000 - 6500Ω	0.9 V - 1.2 V
80°C	3000 - 4500Ω	0.6 V - 0.9 V
90°C	2400 - 3500Ω	0.5 V - 0.7 V
100°C	1900 - 2500Ω	0.4 V - 0.5 V

Ambos tipos de rangos de operación deben corresponder a la temperatura del refrigerante previamente indicada por el sensor. Solo de esta manera, será confiable el diagnóstico que se haga.

Sensor de oxígeno o sonda lambda (AFR)

El motor por sí solo no puede controlar los porcentajes de aire y combustible que entran en la cámara de combustión, no lo pudo hacer en el pasado con el uso de carburadores, ni tampoco con sistemas de inyección electrónicos de "lazo abierto". Para poder controlar la mezcla es necesario de un elemento sensor, que indique, el porcentaje de aire y combustible que entra en el motor. A este dispositivo se le llama sensor de oxígeno o sonda Lambda. Este sensor situado a la salida del colector de escape del motor, analiza los gases de escape, y envía información constantemente a la gestión electrónica del motor que adecua la mezcla en función de las circunstancias de funcionamiento del vehículo.

$$\text{Lambda } (\lambda) = \frac{\text{Masa real de aire}}{\text{Masa teórica del aire}}$$

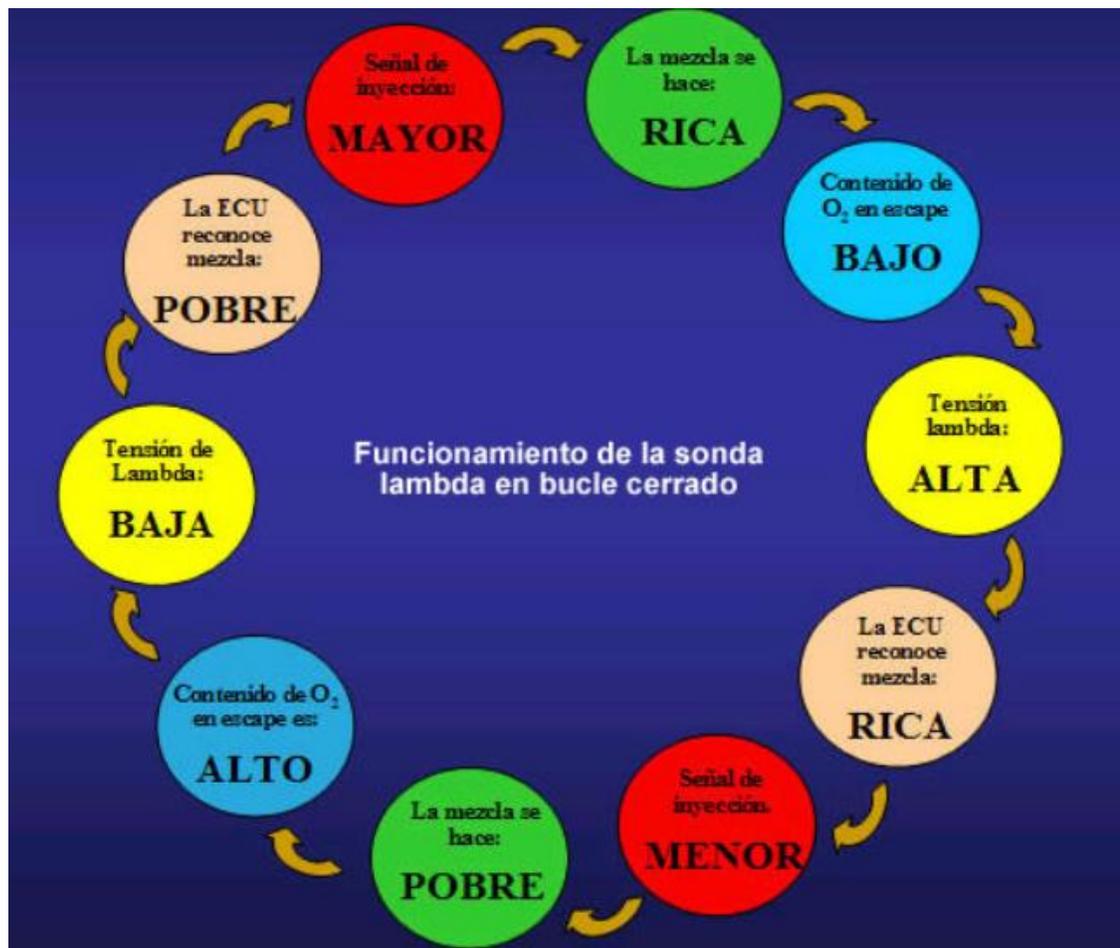
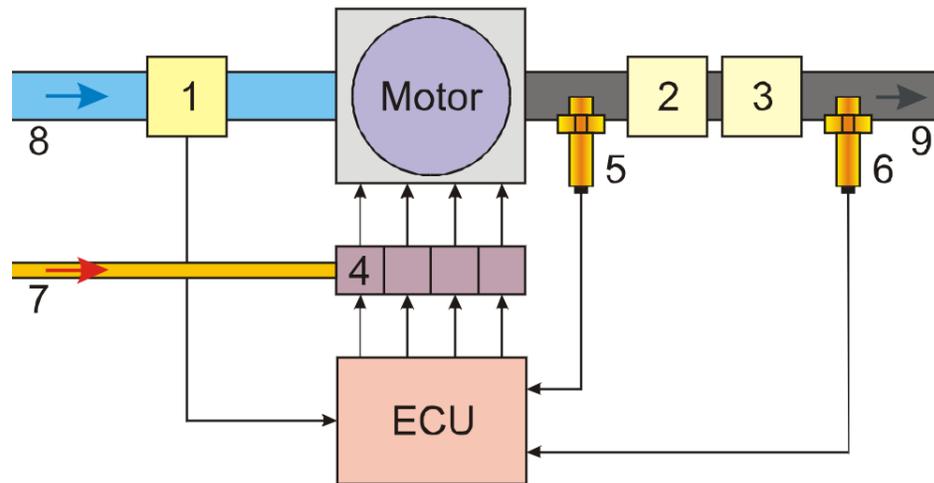


Fig 5.37: Funcionamiento sonda lambda. Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net>

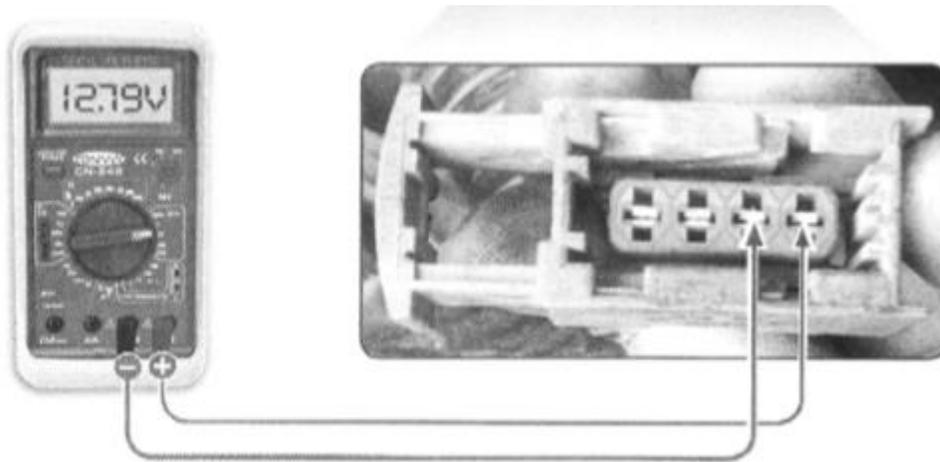
Esquema de ubicación de sondas lambda:



Funcionamiento en ciclo cerrado:

1. Medidor de caudal de aire.
2. y 3. Catalizador.
4. Inyectores.
5. Sonda lambda delantera.
6. Sonda lambda trasera.
7. Llegada de gasolina.
8. Entrada de aire desde el filtro.
9. Escape

Medición de la alimentación del sensor

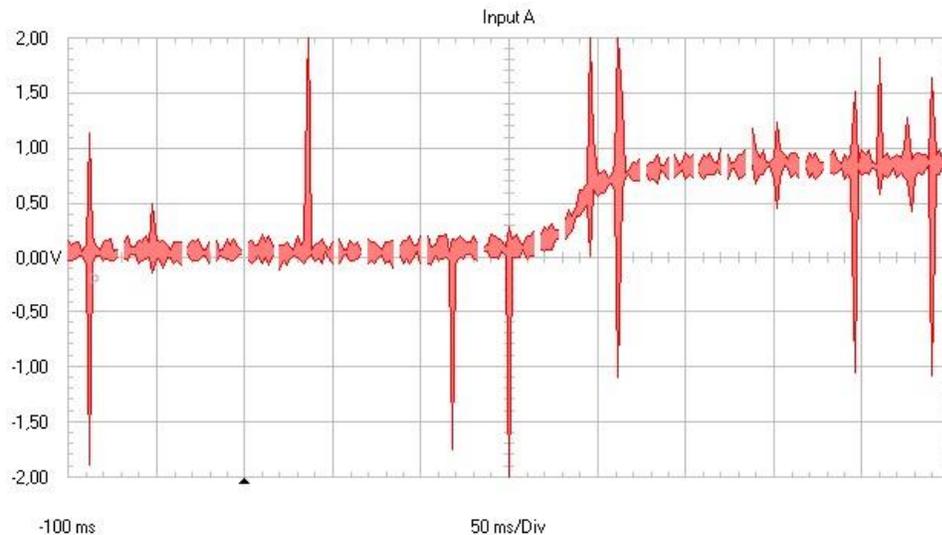


Conectar las puntas del multímetro tal como se ve en la imagen, poner en ON el interruptor de encendido. El multímetro deberá marcar un valor de entre 12 y 14 Vcd.

El valor se muestra en la carátula del multímetro solo durante 2 segundos, cada vez que se pone en ON el interruptor.

Entre los terminales del tablero de la sonda 1 y 2 la señal de la sonda lambda realiza por medio una diferencia de tensión entre los valores 0,8 - 0,9 VCD cuando la mezcla es rica ($\lambda < 1$) y 0,1- 0,2 VCD cuando la mezcla es pobre ($\lambda > 1$).

Sonda Lambda 1:



Medición de la señal del sensor

Para hacer esta medición, es necesario que el motor tenga su temperatura normal de funcionamiento. Y el sensor de oxígeno debe estar a más de 300°C, para que pueda enviar una señal de referencia (entre 100 y 1000 mVcd) a la computadora.

Sensor de posición de levas (CMP)

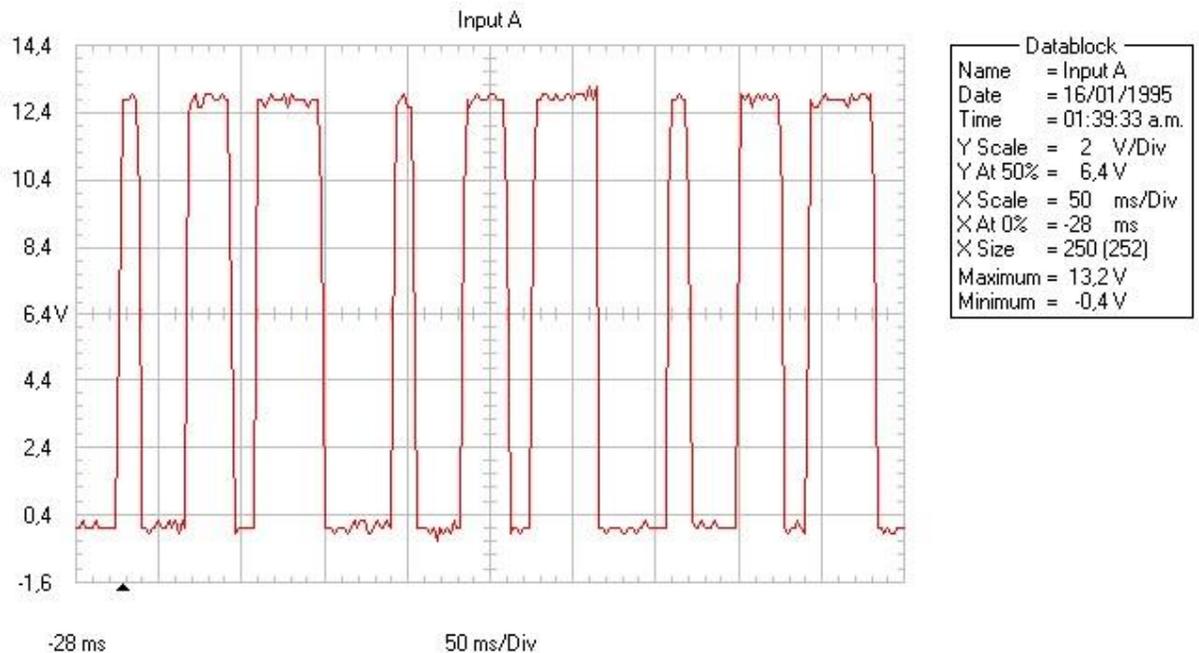
Los sensores del árbol de levas permiten a la gestión del motor definir exactamente la posición del primer cilindro. Esta información se utiliza, entre otros fines, para calcular el momento de encendido y el momento de la inyección.

Esta información es necesaria para tres funciones:

1. Para el comienzo de la inyección en una inyección secuencial
2. Para la señal de activación de la válvula electromagnética del sistema de bomba-tubería-inyector
3. Para la regulación de picado selectiva para cada cilindro

El sensor del árbol de levas trabaja detectando una corona dentada que se encuentra en el árbol de levas. Mediante la rotación de la corona dentada, se modifica la señal del circuito integrado que se encuentra en el cabezal del sensor. Esta señal cambiante es transmitida a la unidad de control, donde se evalúa para determinar los datos necesarios.

Este sensor se debe medir con las sondas del osciloscopio en los bornes de medición del sensor CMP del banco de prueba de sensores. Y se debe verificar una onda cuadrada con una tensión de pico a pico de 12 Volt aproximadamente.



Síntomas de sensor de árbol de levas defectuoso:

Un fallo en el sensor de árbol de levas puede detectarse de la siguiente manera:

- Problemas en el arranque
- Iluminación del testigo luminoso de control del motor
- Se registra un código de avería
- La unidad de control trabaja en el programa de funcionamiento de emergencia

Comprobar los cables de conexión:

Comprobación del cable de conexión de la unidad de control hacia el sensor con el ohmímetro. Extraer el conector de la unidad de control y el sensor, comprobar el paso de cada uno de los cables. Se necesita un esquema de conexiones para la ocupación de los pins. Valor nominal: aprox. 0 Ohm.

Comprobar la conexión a masa de los cables

Comprobar si los cables de conexión tienen contacto a masa. Medición entre el conector del sensor y la masa del vehículo, con el conector de la unidad de control extraído. Valor nominal: >30 MOhm.

Comprobar la tensión de alimentación

Comprobar la tensión de alimentación de la unidad de control al sensor. Enchufar el conector de la unidad de control, conectar el encendido. Valor nominal: aprox. 5 Ohm (tener en cuenta las indicaciones del fabricante).

Comprobar la tensión de la señal

Comprobación de la tensión de la señal. Conectar el cable de medición del osciloscopio y arrancar el motor. En el osciloscopio debe observarse una señal rectangular.

Sensor de detonación (KS)



Fig. 5.38: Sensor de detonación

El sensor de detonación o también conocido como Knock sensor en inglés, este sensor brinda un monitoreo sobre el inicio de la detonación en los cilindros y las vibraciones en el motor que se puedan presentar a causa de estas.

Se trata de un generador de voltaje que tiene como objetivo recibir y controlar las vibraciones anormales producidas por el pistoneo o cascabeleo, transformando estas oscilaciones en una tensión de corriente que aumenta de forma progresiva con la detonación.

Lo encontramos unido al bloque de motor directamente en la parte externa del bloque en una posición estratégica en donde pueda percibir de forma correcta las vibraciones en todos los cilindros existentes al momento de la detonación.

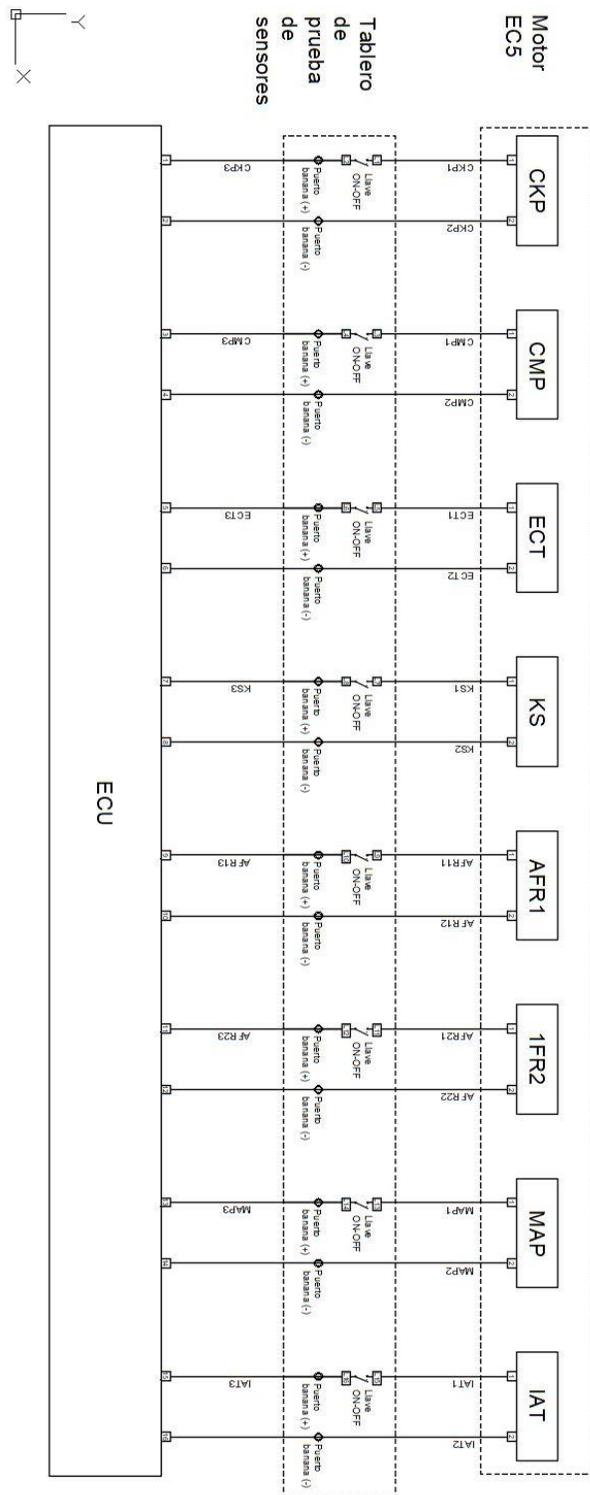
Estas vibraciones en el motor, en exceso, pueden causar a mediano plazo daños internos.

Este sensor manda un voltaje de referencia o una “señal” a la computadora cuando las vibraciones sobrepasan cierto límite, hecho esto la unidad de control retrasa momentáneamente el tiempo o grados de adelanto del encendido, por lo general este sensor solo tiene influencia sobre el sistema de encendido por lo cual en muchos casos estos sensores pueden andar en mal estado o desconectados y no interferir más allá de que la computadora atrase en ciertos grados el tiempo en que la chispa se entrega al cilindro por medio de la bujía.

Ahora bien, un sensor de detonación trabajando correctamente será el canal perfecto por el cual la unidad de control podrá adelantar el encendido bajo cualquier circunstancia de trabajo sin que se lleguen a presentar estas vibraciones.

Diagrama de conexión:

A continuación se puede observar el diagrama de conexión del tablero de prueba de sensores, partiendo desde el motor EC5 hacia el calculador ECU:



Sistema de comunicación CAN-BUS

Introducción teórica.

El sistema de comunicación y control CAN-BUS se puede observar incorporado en automóviles a partir del año 1990. Este sistema es un avance tecnológico importante, ya que tiene grandes ventajas en la transmisión de información.

Es importante que se pueda realizar una actividad teórico-práctica de este tema en el transcurso de la carrera Ingeniería Electromecánica, ya que es muy probable que en el desarrollo profesional sea necesario analizar, diagnosticar y reparar un sistema similar, no solamente en un automóvil, sino también en otros ámbitos industriales o de máquinas herramientas.

La comunicación de alta velocidad es una tendencia que se encuentra en constante crecimiento y avance, principalmente por su eficiencia y otros aspectos detallados a continuación.

CAN (acrónimo del inglés Controller Area Network) es un protocolo de comunicaciones desarrollado por la firma alemana Robert Bosch, basado la transmisión de mensajes en entornos distribuidos los datos se envían con un sistema de paquetes, comúnmente llamado bus. Además ofrece una solución a la gestión de la comunicación entre múltiples CPUs (unidades centrales de proceso). En el caso específico del automóvil, permite la comunicación entre la computadora interior llamada BSI (Box Service Intelligent) y la computadora del motor llamada ECU (Engine Control Unit).

El protocolo de comunicaciones CAN proporciona los siguientes beneficios:

- Ofrece alta inmunidad a las interferencias, habilidad para el autodiagnóstico y la reparación de errores de datos.
- Es un protocolo de comunicaciones normalizado, con lo que se simplifica y economiza la tarea de comunicar subsistemas de diferentes fabricantes sobre una red común o bus.
- El procesador anfitrión delega la carga de comunicaciones a un contorno inteligente, por lo tanto el procesador anfitrión dispone de mayor tiempo para ejecutar sus propias tareas.
- Al ser una red multiplexada, reduce considerablemente el cableado y elimina las conexiones punto a punto, excepto en los empalmes.

Tablero de pruebas

En el tablero didáctico “Comunicación y control CAN-BUS” se utilizan los cables que ingresan al módulo de ABS. A causa de la faltante del módulo de ABS, la red de comunicación se encuentra abierta, por lo tanto es necesario realizar un puente eléctrico por medio de dos llaves ON-OFF para generar continuidad entre los pines 14 y 15 y entre los pines 26 y 27. A partir de ello el circuito se encuentra en funcionamiento.

Las actividades consisten en conectar un elemento de medición (osciloscopio o multímetro) en los canales de transmisión de datos y observar el sistema en su funcionamiento normal y cuando se generan las siguientes fallas:

- Corte de las líneas de comunicación.
- Cortocircuito entre los canales
- Cortocircuito de un canal a +12 Volts.
- Cortocircuito de un canal a tierra.

Para poder realizar las actividades anteriores, el tablero didáctico necesita tener los siguientes elementos:

- Colocar dos puertos de medida para la conexión de los instrumentos de medición.
- Un puerto de medida conectado a masa.
- Una llave ON-OFF para cortocircuitar los cables del sistema CAN-BUS.
- Una llave de 3 puntos para generar en uno de los canales, fallas a tierra y a 12 volts.
- Espacio para la ficha de ingreso del Scanner.

Con estos elementos se obtiene el siguiente tablero de medida:

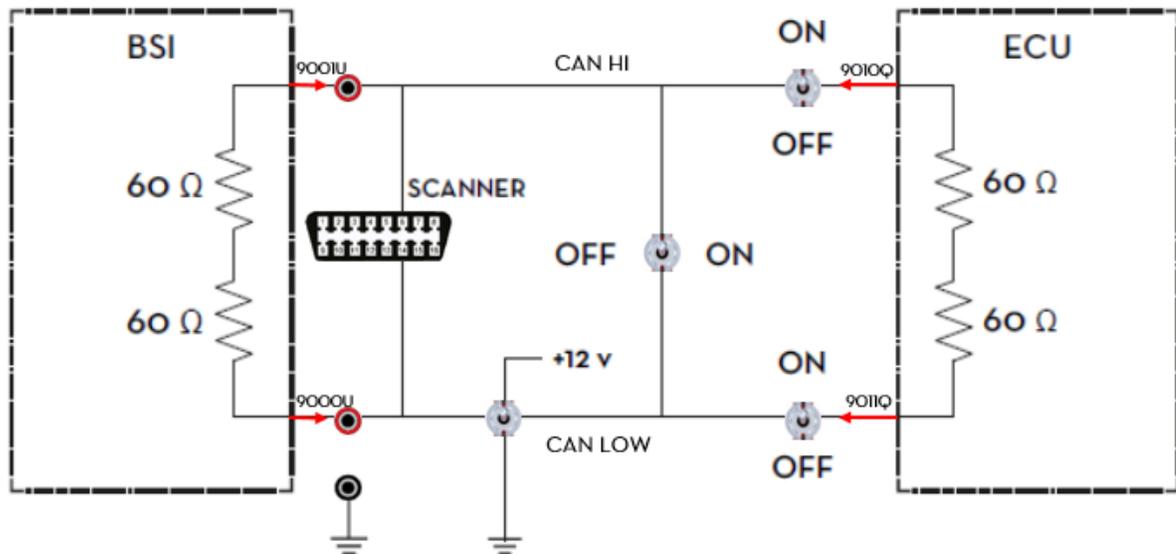


Fig. 5.40: sistema de comunicación CAN-BUS.

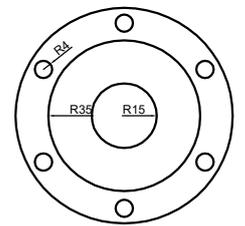
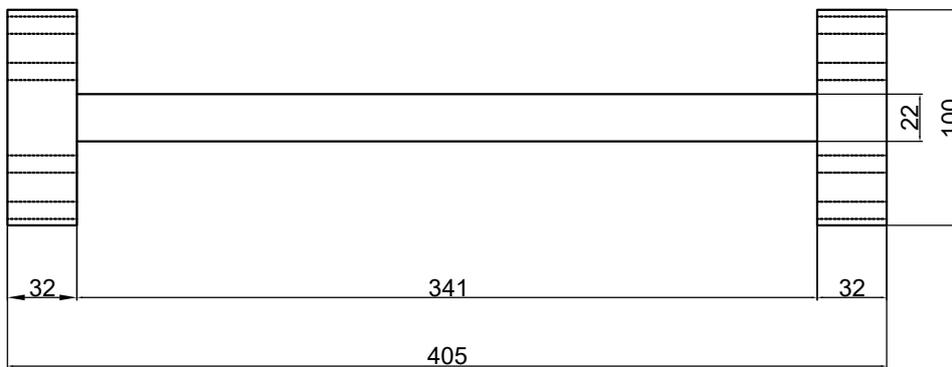
La metodología de las pruebas y los resultados que se deben obtener se encuentran detallados en el manual de funcionamiento del banco de pruebas.

Codificación

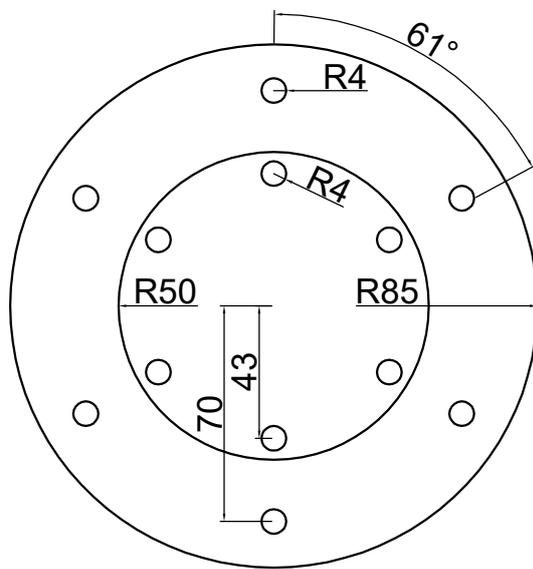
Mecánica	
Artículo	Código
Dinamómetro	M.Din
Palier Volkswagen	M.PV
Bulón	M.B10
Tuerca	M.T10
Arandela	M.Ar
Soporte 90°	M.S90
Soporte Dinamómetro	M.SDin
Tornillos Allen	M.TAllen
Motor EC5	M.EC5
Mesa	M.Mesa
Torpedo Peugeot	M.Torpedo
Árbol de transmisión	M.AT
Platina de acople	M.PAc

Electrónica	
Artículo	Código
Arduino UNO	E.AUNO
Plaqueta Hx711	E.Hx711
Cables conectores	E.CCon
Celda de carga	E.Celda
Sensor inductivo	E.Inductivo
Cable USB	E.CUSB
Puerto banana rojo	E.PBR
Puerto banana negro	E.PBN
Llave ON-OFF	E.Llave2P
Llave de 3 puntos	E.Llave3P

Hidráulica	
Artículo	Código
Caño plástico	H.CaP
Espiga 90°	H.Esp90
Codo 90°	H.Cod90
Acople macho macho	H.AcopM
Acople	H.Acop
Abrazadera	H.Abr
Válvula esférica globo	H.VEnt
Válvula esférica 1/4 vuelta	H.VSal
Manguera cristal	H.ManC
Grampas	H.Gra
Manguera	H.Man
Grampas omega	H.GraO
Bulones	H.B4
Tuercas	H.T4
Arandelas	H.Arاند
Precintos	H.Pre



	Fecha	Nombre	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Concepción del Uruguay	
Dibujó				
Revisó				
Aprobó				
Escala 1:3.5	Árbol de transmisión		Plano n°: 1	
			Pieza: M.AT	



	Fecha	Nombre	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Concepción del Uruguay
Dibujó			
Revisó			
Aprobó			
Escala 1:1.7	Platina de acople		Plano n°: 2
			Pieza: M.PAc

Bibliografía

Páginas de internet:

<http://www.omecanico.com.br>

<https://www.dynomiteddinamometer.com>

<http://www.dinamometrospi.blogspot.com>

<http://www.autoweb.com.ar>

<https://wahiduddin.net>

<http://www.accudyno.com>

www.saenzdynos.com.ar

<https://www.arduino.cc>

Libros y manuales:

- P. A. Stiopin - "Resistencia del material", Editorial Mir. Moscú. 1968.
- Tratado Teorico - Practico de Elementos de máquinas, cálculo, diseño y construcción. Dr. Ing. G. Niemann, Editorial Labor S.A. 1973.
- V. M. Faires - Diseño de elementos de máquinas. Editorial S. A. Montaner y Simón.
- Especificaciones de aceros SAE realizado por Esteban Rodriguez, UTN Facultad Regional Santa Fe.
- Manual de multiplexaje de Peugeot.
- Manual de usuario Peugeot 308 año 2015.
- Manuales de computadoras y modulos automotrices No.27.
- Decreto de seguridad e higiene 351/79.
- Norma IRAM 10005 primera parte.

Conclusión

Como punto de partida, cabe destacar que con la investigación de cada sección del banco de pruebas se obtiene la introducción del grupo en el tema profundamente y de esta forma abarcar todos los aspectos posibles a la hora de llevar a cabo cada proceso.

Con la realización de este proyecto se logra involucrar los conocimientos y herramientas de cálculo adquiridos durante el transcurso de la carrera, como así también poner en práctica los criterios apropiados para cada paso a seguir.

Se puede decir que llevar a cabo un debate para la toma de decisiones en las distintas etapas del diseño del banco de pruebas fue la esencia para llegar a la sinergia de trabajo en equipo y tomar acciones para acercarnos a ella con los pasos necesarios, lo que sin duda, ayuda a mejorar el trabajo en grandes proporciones. Se dialoga en conjunto cada problema con el fin de poder evaluarlo desde diferentes puntos de vista y hallar soluciones concretas.

Se debe destacar la importancia de la creatividad a la hora de lograr los objetivos propuestos. Tener la oportunidad de diseñar un dispositivo de esta complejidad lleva muchas horas de trabajo mientras se tenga la intención de mantener la prolijidad que se corresponde y cumplir con el dinamismo para el uso didáctico.

El equipo de trabajo va resolviendo muchos detalles que surgen durante la construcción del banco de pruebas para poder traerlo a la realidad, siendo estos problemas o cambios del diseño inicial del mismo. En el transcurso del montaje aparecen una serie de inconvenientes que se van solucionando de la manera más conveniente, recurriendo a su vez a la forma viable para concretar dicho resultado.

**ANEXO 3:
SOLICITUD DE FECHA PARA PRESENTACIÓN DEL PFC**

A Completar por el Alumno cuando se inscriba para la Defensa

Datos del alumno:

- **Apellido y Nombres:** Steven, Germán
- **Direcciones de E-mail:** germansteven71@gmail.com
- **Número de Legajo:** 14107802
- **Documento de Identidad:** 37563672
- **Domicilio:** J.C. González y 24 del oeste
- **Localidad:** Concepción del Uruguay
- **Teléfono:** 3442471359
- **Año de Ingreso, (plan de estudio):** 2013 plan 1995A
- **Fecha de inscripción:** 16/07/2012
- **Título del PFC:** Ingeniería y diseño de un banco de pruebas para un motor a combustión interna

Firma del Alumno

Conformidad del Profesor a cargo de “Proyecto Final” y del Tutor.

Constancia de que el Trabajo está terminado y en condiciones de ser presentado para su Pre-evaluación.:

.....
Firma del Profesor a cargo de “Proyecto Final”

.....
Firma del/los Tutor/es

**ANEXO 3:
SOLICITUD DE FECHA PARA PRESENTACIÓN DEL PFC**

A Completar por el Alumno cuando se inscriba para la Defensa

Datos del alumno:

- **Apellido y Nombres:** Reniero, Alan Javier
- **Direcciones de E-mail:** alanreniero19@gmail.com / alan_reniero@hotmail.com
- **Número de Legajo:** 14108446
- **Documento de Identidad:** 37883013
- **Domicilio:** Juan D. Perón 764
- **Localidad:** Concepcion del Uruguay
- **Teléfono:** 3775442162
- **Año de Ingreso, (plan de estudio):** 2013 plan 1995A
- **Fecha de inscripción:** 26/09/2012
 - **Título del PFC:** Ingeniería y diseño de un banco de pruebas para un motor a combustión interna.

Firma del Alumno

Conformidad del Profesor a cargo de “Proyecto Final” y del Tutor.

Constancia de que el Trabajo está terminado y en condiciones de ser presentado para su Pre-evaluación.:

.....
Firma del Profesor a cargo de “Proyecto Final”

.....
Firma del/los Tutor/es

**ANEXO 3:
SOLICITUD DE FECHA PARA PRESENTACIÓN DEL PFC**

A Completar por el Alumno cuando se inscriba para la Defensa

Datos del alumno:

- **Apellido y Nombres:** Carmona, Anibal Emilio
- **Direcciones de E-mail:** Carmona_anibal@yahoo.es
- **Número de Legajo:** 14108400
- **Documento de Identidad:** 38389533
- **Domicilio:** tropas 2125
- **Localidad:** Gualeguaychú
- **Teléfono:** 3446516388
- **Año de Ingreso, (plan de estudio):** 2013 plan 1995A
- **Fecha de inscripción:** 30/08/2012
- **Título del PFC:** Ingeniería y diseño de un banco de pruebas para un motor a combustión interna

Firma del Alumno

Conformidad del Profesor a cargo de “Proyecto Final” y del Tutor.

Constancia de que el Trabajo está terminado y en condiciones de ser presentado para su Pre-evaluación.:

.....
Firma del Profesor a cargo de “Proyecto Final”

.....
Firma del/los Tutor/es

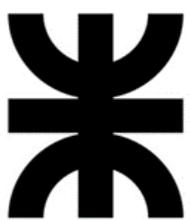
MANUAL DE FUNCIONAMIENTO

Banco de pruebas de motor Peugeot EC5

PROYECTO
FINAL DE
CARRERA

Carmona, Aníbal
Reniero, Alan
Steven, Germán



 **UNIVERSIDAD
TECNOLOGICA
NACIONAL**



PEUGEOT

ÍNDICE

1 PUESTA EN MARCHA

Introducción	Pág. 2
Puesta en marcha.....	Pág. 3
En primer lugar.....	Pág. 3
Contacto	Pág. 3
Arranque	Pág. 3
Ralentí	Pág. 3
Tablero de instrumentos	Pág. 4

2 MEDICIÓN DE POTENCIA

Tipos de potencia	Pág. 6
Su primer prueba.....	Pág. 7
Factor de corrección de potencia	Pág. 8
Norma SAE J1349 AUG2004	Pág. 9
Eficiencia mecánica	Pág. 9
Presión de aire seco	Pág. 10
Presión de aire húmedo.....	Pág. 10
Análisis de los datos.....	Pág. 10
Resultados.....	Pág. 11
Software	Pág. 12
Registro de los datos.....	Pág. 12
Regulación	Pág. 13

3 PRUEBA DE SENSORES

CKP	Pág. 14
CMP	Pág. 16
ECT	Pág. 17
KS	Pág. 19
AFR1/AFR2	Pág. 20
MAP-IAT	Pág. 22

4 CAN-BUS

Composición	Pág. 24
Tablero de pruebas	Pág. 25
Generación de fallas	Pág. 26
Falla de corte de línea	Pág. 27
Falla de cortocircuito	Pág. 27
Falla a 12V	Pág. 28
Falla a tierra	Pág. 28

5 MANTENIMIENTO

Control de niveles	Pág. 30
Nivel de aceite	Pág. 30
Medición de nivel de aceite	Pág. 30
Llenado de aceite	Pág. 30
Características del aceite.....	Pág. 30
Cambio de aceite.....	Pág. 31
Cambio de filtro de aceite	Pág. 31
Cambio de filtro de aire	Pág. 32
Cambio de filtro de combustible.....	Pág. 32
Nivel del liquido refrigerante	Pág. 33
Cambio del liquido refrigerante	Pág. 33
Planillas de mantenimiento	Pág. 35

INTRODUCCIÓN



Fig. 1.1: Banco de pruebas multidisciplinario.

A continuación, se encuentra una guía para la utilización del banco de pruebas multidisciplinario (Figura 1.1) que ha sido desarrollado por alumnos de la Universidad Tecnológica Nacional sede Facultad Regional de Concepción del Uruguay (UTN-FRCU)

En el manual, se encuentran las actividades que se pueden desarrollar en las cátedras dictadas en la carrera Ingeniería Electromecánica para enriquecer las prácticas en complemento con la teoría.

Leyenda

ADVERTENCIAS.



Este símbolo señala los avisos que se deben respetar para la seguridad de los operarios y evitar el deterioro del motor.

INFORMACIÓN IMPORTANTE Y RECOMENDACIONES



Este símbolo señala detalles complementarios para una mejor utilización del banco de pruebas.

MOTOR EC5

El motor Peugeot EC5 (Figura 1.2) contiene múltiples tecnologías utilizadas en los vehículos modernos, con apertura variable de válvulas (VVT) para la admisión, lo que le permite contar con el 80 por ciento del torque a partir de las 1.500 rpm.



Fig. 1.2 Motor Peugeot EC5.

Características del motor.	Unidad	Valor
Número de cilindros		4/DOHC
Cilindrada	cc	1587
Potencia/rpm	CV(DIN)/rpm	115/5800
Torque máx/rpm	Nm/rpm	155/4250
Relación de compresión		01:10,8
Octanaje mínimo	RON	95
Enchufe de diagnóstico		Si
Presión de aceite	bar/rpm	4/4000
Apertura de termostato	°C	89
Régimen de ralentí	rpm	750
Orden de encendido		1-3-4-2

PUESTA EN MARCHA

[EN PRIMER LUGAR]

- Verificar el estado general del banco de pruebas. Si existen pérdidas de fluido y/o conexiones defectuosas no comenzar la puesta en marcha hasta que se solucione.
- Revisar el nivel de aceite y refrigerante. (Ver la sección de mantenimiento).
- Girar el corta corriente de la batería y verificar que el instrumento de tensión de batería (Figura 1.3) muestre un valor mayor o igual a 12V. Esperar 2 min para continuar con la puesta en marcha.



Fig. 1.3: Instrumento de tensión de batería.

CONTACTO

Colocar el banco de pruebas en contacto, activando el interruptor que se encuentra en el torpedo (Figura 1.4). Esperar 5 segundos.

Luego, revisar el nivel de combustible en tablero de instrumentos.



Es importante no utilizar el motor cuando la luz de reserva de combustible este encendida. Riesgo de deterioro prematuro de la bomba de combustible.



Fig. 1.4: Llave de contacto.

ARRANQUE

Presionar el pulsador durante un máximo de 15 segundos, en caso de no arrancar volver a intentar como máximo tres veces. Si el motor no arranca verificar las conexiones y valores eléctricos siguiendo el manual de funcionamiento.



Fig. 1.5: Pulsador de arranque.

Una vez que el motor se encuentre en ralentí:

Verificar que el testigo de presión de aceite se apague (ubicado sobre el manómetro de presión de aceite, en el torpedo) en un lapso no mayor a 5 segundos, en caso contrario, verificar que el manómetro de presión de aceite esté marcando al menos 15 psi.

Si ninguna de esas condiciones se verifican apague inmediatamente el motor y verifique si existe alguna fuga de aceite.

Tablero de instrumentos



Fig. 1.6: Tablero de instrumentos.

El tablero de instrumentos se encuentra de la misma manera que en el vehículo, con la diferencia de que el velocímetro fue modificado para medir la potencia.

En la pantalla principal, es normal que aparezcan alarmas causada por la falta de componentes.

Los avisos que se deben ignorar son los siguientes:



⇒ Advertencias generales.



⇒ Sistema de ABS.



⇒ Sistema de airbag.



La temperatura del motor no debe sobrepasar los 95°C, en caso de contrario verificar el funcionamiento del electroventilador y/o termostato⁽¹⁾.



Evitar elevar las revoluciones del motor más de 4000 rpm sin carga.



No exigir el motor hasta que alcance su temperatura de trabajo (90°C).



Evitar elevar las revoluciones del motor por un lapso de 20 segundos luego de su puesta en marcha.

⁽¹⁾ La elevación de temperatura del refrigerante del motor puede ser causada por varios factores:

Los más comunes son el mal funcionamiento del electroventilador y/o termostato.

Pero además existen otras causas como:

- ⇒ Que el motor se encuentre con grandes cargas por tiempo prolongado.
- ⇒ Falta de líquido refrigerante.
- ⇒ Obstrucción de algún conducto de circulación de refrigerante.
- ⇒ Bomba de agua defectuosa.

MEDICIÓN DE POTENCIA

INTRODUCCIÓN

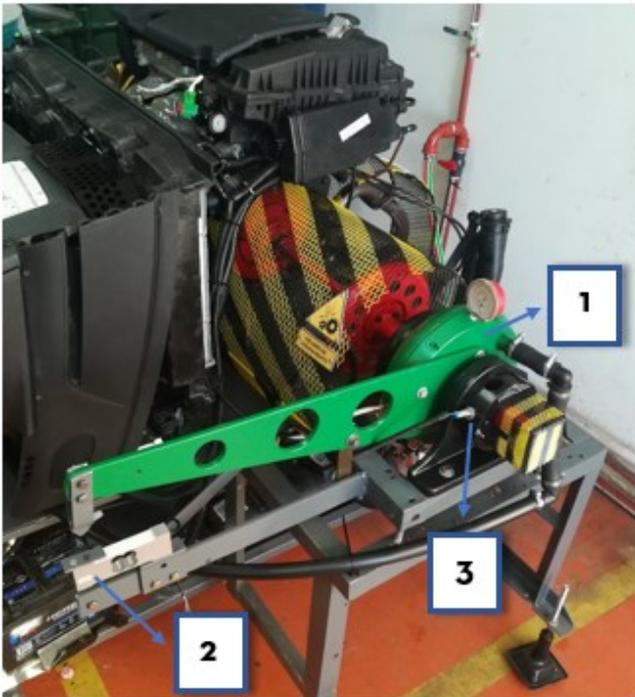


Fig. 2.1: Medición de potencia. 1: Dinamómetro hidráulico. 2: Celda de carga. 3: Sensor inductivo.

El instrumento que mide potencia es un dinamómetro hidráulico (Figura 2.2). Su funcionamiento consiste en la resistencia al movimiento giratorio ofrecido por el agua. El motor se encuentra acoplado directamente al freno, el cual mueve un rotor (turbina) que gira dentro de una carcasa (bomba) con agua en su interior. El líquido, debido a la acción de la fuerza centrífuga, es impulsado a gran velocidad pasando de las cavidades del rotor a las del estator por el extremo más alejado del eje de rotación. Luego, después de pasar por el estator, el líquido retorna al rotor con menor velocidad por el extremo opuesto al de entrada. El efecto causado es la transferencia de momento desde el rotor al estator, generando un par de torsión.

Como el dinamómetro hidráulico transfiere la energía absorbida del rotor al estator por medio del fluido, este puede considerarse como un acoplamiento hidrodinámico.

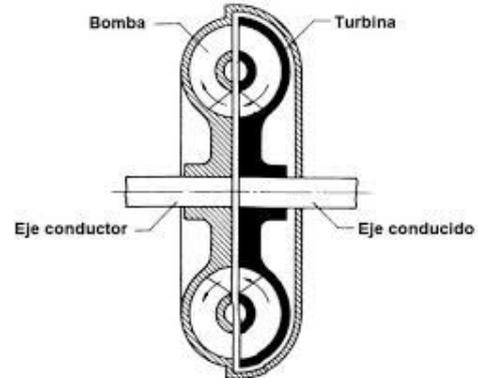


Fig. 2.2: Esquema básico del interior de un dinamómetro hidráulico.

Para medir la potencia del motor se recurre a la ecuación mecánica de la potencia, en donde se determina mediante las rpm, el torque y una constante C.

$$N[HP] = C * \frac{Mt[Kg * cm]}{n[rpm]}$$

Los kilogramos de fuerza instantáneos se generan con el dinamómetro hidráulico (Elemento 1 de figura 2.1) el cual se encuentra pivotante mediante dos rodamientos que sirven de apoyo. El freno tiene un brazo de palanca de 71,6 cm de longitud, en donde se conecta una celda de carga (elemento 2 de figura 2.1) que mide el valor de los kilogramos de fuerza que se generan a causa del par de frenado. De esta manera, se obtiene el momento torsor generado.

Las rpm (n) son medidas mediante un sensor inductivo colocado en la parte posterior del dinamómetro. (Elemento 3 de figura 2.1)

Simplificando la expresión se puede obtener el valor de la potencia mediante los Kg (P) de la celda de carga y las rpm del sensor inductivo de la siguiente manera:

$$N[HP] = \frac{1}{1988,56} * P[KG] * n[rpm]$$

TIPOS DE POTENCIA

Es necesario definir y aclarar que existen en realidad cuatro "tipos" de potencia utilizados frecuentemente entre los expertos en el tema.

1) **Potencia bruta:** es la potencia que genera el motor cuando funciona sin todos los accesorios que no son esenciales para su funcionamiento, por lo tanto solo se deja en funcionamiento la bomba de aceite, nafta, el sistema de inyección o carburador e incluso, a veces se sustituye la bomba de agua por una bomba externa.

2) **Potencia neta:** es la potencia medida con el motor en las mismas condiciones en que va montado en el auto.

3) **Potencia divulgada o de publicidad:** Generalmente se utiliza para la medición un motor "perfecto", buscando balancear lo mejor posible sus masas móviles (conjuntos biela-pistón, cigüeñal, volante) y las cámaras de combustión, también se busca combustión estequiométrica perfecta en la mezcla de cada cilindro.

4) **Potencia real:** es la potencia que genera cualquier motor de un vehículo estándar, sólo se puede conocer con exactitud si se coloca el motor en un banco de pruebas tal cual está en el auto. Las variaciones entre un auto y otro de la misma marca y modelo pueden ser significativas. Esta potencia, tratándose de un motor estándar elegido al azar, por lo general es siempre la menor de las cuatro potencias antes descritas.

En este banco de pruebas, se mide la potencia real, ya que el mismo se encuentra instalado de igual manera que en un automóvil estándar.

Los accesorios del motor consumen mucha potencia!



- ⇒ Filtro de aire: hasta 2 HP.
- ⇒ Ventilador del motor: hasta 5 HP.
- ⇒ Sistema de escape completo: 6 HP.
- ⇒ Alternador: menos de 2 HP.
- ⇒ Otros accesorios: bomba de dirección hidráulica, sistemas antipolución, recirculación de gases, etc. Consumen en su conjunto hasta 10 HP.



Fig. 2.3: Red de agua de la facultad.

Antes de comenzar con las pruebas

Antes de realizar cualquier prueba de potencia, es fundamental que el operador esté familiarizado con el banco de pruebas. De lo contrario, se debe leer detalladamente el manual de funcionamiento, principalmente el capítulo de puesta en marcha, para conocer su comportamiento y los riesgos que pueden existir.

Luego seguir los siguientes pasos:

1°- Registrar los datos climáticos: temperatura, presión barométrica y humedad del aire. Estos tres parámetros deben ser adquiridos en cada sesión de prueba para luego calcular el factor de corrección de potencia.

2°- Antes de arrancar el motor, es necesario verificar que el circuito de agua esté correctamente conectado. Luego abrir la válvula de la red de agua de la facultad (Figura 2.3) y verificar que cuando se abre la válvula de regulación de carga (Figura 2.4), salga agua por la manguera de salida del dinamómetro.

3°- Quitar el seguro del brazo de palanca de protección de la celda de carga (Figura 2.5)

4°- Conectar el cable USB ubicado en el torpedero. (Para medir la potencia, es necesario alimentar la interfaz electrónica con una computadora, mediante el cable USB.)

5°- Con la válvula 1 en posición cerrada, proceder con la puesta en marcha y esperar hasta que el motor esté en su temperatura de funcionamiento normal.

6°- Comenzar a aplicar pequeñas cargas a un máximo 2500 rpm para observar el funcionamiento del dinamómetro.



Fig. 2.4: Válvula de carga.



Fig. 2.5: Seguro para la celda de carga.



Durante toda la prueba verificar que salga agua del dinamómetro. Evitar su sobrecalentamiento.



No realizar pruebas de potencia si el motor no se encuentra en la temperatura de régimen (90°C).

SU PRIMER PRUEBA

Para comenzar con los siguientes pasos es necesario que se cumplan satisfactoriamente los procesos previos descritos en la sección anterior.

1°- Acelerar el motor hasta las 2000rpm y abrir al 100% la válvula de control del freno (Fig. 2.4). Esperar un momento mientras se llena de agua el dinamómetro (Comienza una disminución de las rpm mientras aumenta la carga, intentar mantener constantes las rpm en el punto de consigna).

2°- Una vez que se observa que el motor tiene una carga importante, acelerar progresivamente el motor hasta que llegue a su carga máxi-



No retirar el cable USB de la computadora mientras se está realizando una prueba de potencia.



Se recomienda colocar un ventilador que circule el aire alrededor del motor, con el objetivo de homogeneizar el aire y refrigerar el block del motor.

ma (Entre 2800 y 3000 rpm).

3°- Mantener el acelerador en plena carga mientras usa la válvula de control del freno para regular las rpm. Observar que el acelerador es el que controla la carga del motor, mientras que la válvula de "carga" del freno, en realidad regula las rpm.

4°- Cuando el acelerador se encuentre en su punto máximo (Donde se hará la mayor parte de la prueba) mantenerlo en esa posición mientras se cierra la válvula de control del freno, causando un aumento de las rpm. Mantener el motor entre los puntos de rpm deseados.

5°- Cuando haya pasado por cada punto de rpm, mantener en cada uno el suficiente tiempo para obtener datos significativos. Sólo soltar el acelerador cuando se finaliza la prueba, y al mismo tiempo cerrar la válvula de entrada del freno para que el motor se detenga.

6°- Detener el registro de datos, su primera prueba está completa.



Antes de realizar una prueba de potencia máxima es necesario familiarizarse con la metodología de las pruebas.



Luego de una prueba de potencia máxima es recomendable dejar un momento la canilla de entrada abierta para refrigerar el freno.

Si la prueba no se desarrolla dentro de los parámetros esperados, es posible que haya sucedido alguno de los siguientes problemas:

- ⇒ No se realizó la prueba con el acelerador en su punto máximo.
- ⇒ El dinamómetro no alcanzó a llenarse de agua.
- ⇒ El cierre de la válvula 1 no se realizó de forma progresiva.

- ⇒ El dinamómetro no se encuentra regulado (Leer la sección de "regulación del dinamómetro" de página 12).
- ⇒ No se cumplieron satisfactoriamente los pasos previos al comienzo de la prueba.

Factor de corrección de potencia

La mayoría de los valores de potencia indicados en los catálogos automotrices son "corregidos". Esto quiere decir que se aplican estándares para igualar las lecturas de potencia tomadas en diferentes condiciones climáticas.

La potencia y torque disponibles de un motor de combustión interna normalmente aspirado dependen muchos factores, los parámetros que más afectan son la temperatura, presión y humedad, los cuales se resumen en la densidad del aire.

Una mayor densidad de aire significa que hay más moléculas de oxígeno, se desarrolla una combustión mejor y por lo tanto una mayor potencia. Una densidad más baja significa menos oxígeno y en consecuencia, se genera menos potencia.

La potencia relativa y el factor de corrección permiten el cálculo matemático de la potencia solo bajo los efectos de la densidad del aire. Es necesario aclarar que se excluyen otros factores como la temperatura del motor y la calidad del combustible utilizado.

La norma más utilizada es la SAE J1349.

Normas para corregir potencia

- SAE J1349
- SAE J607
- DIN
- JIS
- J1995
- ECE



SAE J1349 AUG2004

El día estándar para la norma es de 25 °C con 0% de humedad y una presión barométrica de 29.234 in-Hg (99 KPa).

La expresión utilizada para calcular el factor de corrección de la potencia (para motores de gasolina normalmente aspirados), suponiendo un 85% de eficiencia mecánica se presenta a continuación, convertida para usar presión en mbar como:

Donde: cf es el factor de corrección de potencia, P_d es la temperatura de aire seco y T_c es la temperatura ambiente.

El rango en donde la expresión es consistente se encuentra entre temperaturas de 15°C y 35°C y presiones de aire seco entre 900 mbar y 1050 mbar.

$$cf = 1,18 * \left[\left(\frac{990}{P_d} \right) * \left(\frac{T_c + 273}{298} \right)^{0,5} \right] - 0,18$$

Eficiencia mecánica

El estándar SAE incluye el efecto de la "Eficiencia mecánica" del motor, básicamente es la cantidad de energía que el motor obtuvo del combustible con respecto a la energía disponible, por lo tanto se incluye el par de fricción, el efecto viscoso, y otras energías necesarias para rotar el motor. En un motor de cuatro tiempos con aspiración normal, SAE propone que se consume el 15% de su potencia desarrollada solo para hacer girar el motor.

Cuando se realiza la corrección de potencia, hay que tener en cuenta que la fricción requerida para hacer girar el motor no cambia con el agregado de oxígeno en el aire. Por lo tanto se debe afectar el factor de corrección cf a la potencia total que produce el combustible, es decir:

$$PT = PV + PM$$

Donde: PT es la potencia total generada por el combustible, PV es la potencia disponible en el volante (Potencia medida por el dinamómetro) y PM es la potencia mecánica consumida por el motor para su propio giro.

Tomando la consideración antes mencionada de que PM es el 15% de PV se obtiene su valor. $PM = PV * 0,15$.

Aplicando el factor de corrección de potencia a la potencia total se obtiene la potencia total corregida PT_c :

$$PT_c = (PV + PM) * cf$$

Sabiendo que la potencia total corregida es la suma de la potencia corregida en el volante PV_c mas la potencia mecánica. (Esta última se mantiene constante a pesar de las variaciones de oxígeno en el aire).

Vale aclarar que PV_c es el valor buscado, y NO es igual al resultado de multiplicar $PV * cf$.

$$PT_c = PV_c + PM$$

Entonces:

$$PV_c + PM = (PV + PM) * cf$$

Simplificando:

$$PV_c = (PV + PM) * cf - PM$$

Este último valor, se debe aplicar a cada dato de potencia adquirido.

Presión de aire seco

El factor de corrección de potencia, requiere el valor de la presión del aire seco, es decir, sin presencia de humedad.

La presión atmosférica total medida (también llamada presión real o presión absoluta) es la suma de la presión del aire seco y la presión de vapor:

$$P = P_d + P_v$$

Donde: P es la presión total, P_d es la presión debida al aire seco y P_v es la presión debida al vapor de agua.

Entonces, reorganizando esa ecuación:

$$P_d = P - P_v$$

Como se puede observar, es necesario conocer la presión debida al vapor de agua y también la presión total.

Presión de vapor

La humedad relativa se define como la relación (expresada como un porcentaje) de la presión de vapor real a la presión de vapor de saturación a una temperatura dada.

Para encontrar la presión de vapor real, hay que multiplicar la presión de vapor de saturación por el porcentaje de humedad relativa.

$$P_v = HR * P_s$$

Dónde: HR es la humedad relativa y P_s es la presión de vapor de saturación.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los valores que se obtienen son observados de manera instantánea durante la prueba en el tablero de instrumentos y en el software, por lo tanto, se puede realizar una primera validación de los datos.

Tener en cuenta que los operadores que realizan sus primeras pruebas, al intentar regular las rpm, tienen el hábito de desacelerar en lugar de aumentar el arrastre del freno, lo cual provoca una lectura errónea.

Efectuar una segunda prueba de tracción, repetir los mismos procedimientos que en la primera prueba. Recordar siempre que el motor esté en su temperatura de régimen y luego comenzar con la prueba. Como no se introducen cambios se está buscando repetición, no un aumento de potencia. En realidad, se prueba la repetición del operador y la del motor, dado que el dinamómetro no se debe modificar entre una prueba y la siguiente.

Si los datos son válidos, es recomendable realizar un análisis más detallado mediante un software de procesamiento de datos, como por ejemplo Excel. Exportar los datos obtenidos de potencia, rpm y kg de la celda en dicho programa y realizar los gráficos de potencia vs rpm y de torque vs rpm. Se debe obtener gráficos similares a los siguientes:



Se debe ventilar el lugar de ensayo para homogeneizar las condiciones del ambiente y que no disminuya la cantidad de oxígeno en el aire.

RESULTADOS

La siguiente figura muestra las curvas de potencia y torque en función de las rpm del motor. La prueba fue realizada con el banco de pruebas en su condición estándar, es decir, con el motor en conjunto con todos sus accesorios de fábrica. El valor de potencia está afectado por la consideración de la potencia mecánica del 15% y por un factor de corrección según SAE J1349.

Los valores máximos obtenidos son:

- Potencia máxima: 80,31 HP a 4743 rpm
- Torque máximo: 130,5 Nm a 3842 rpm

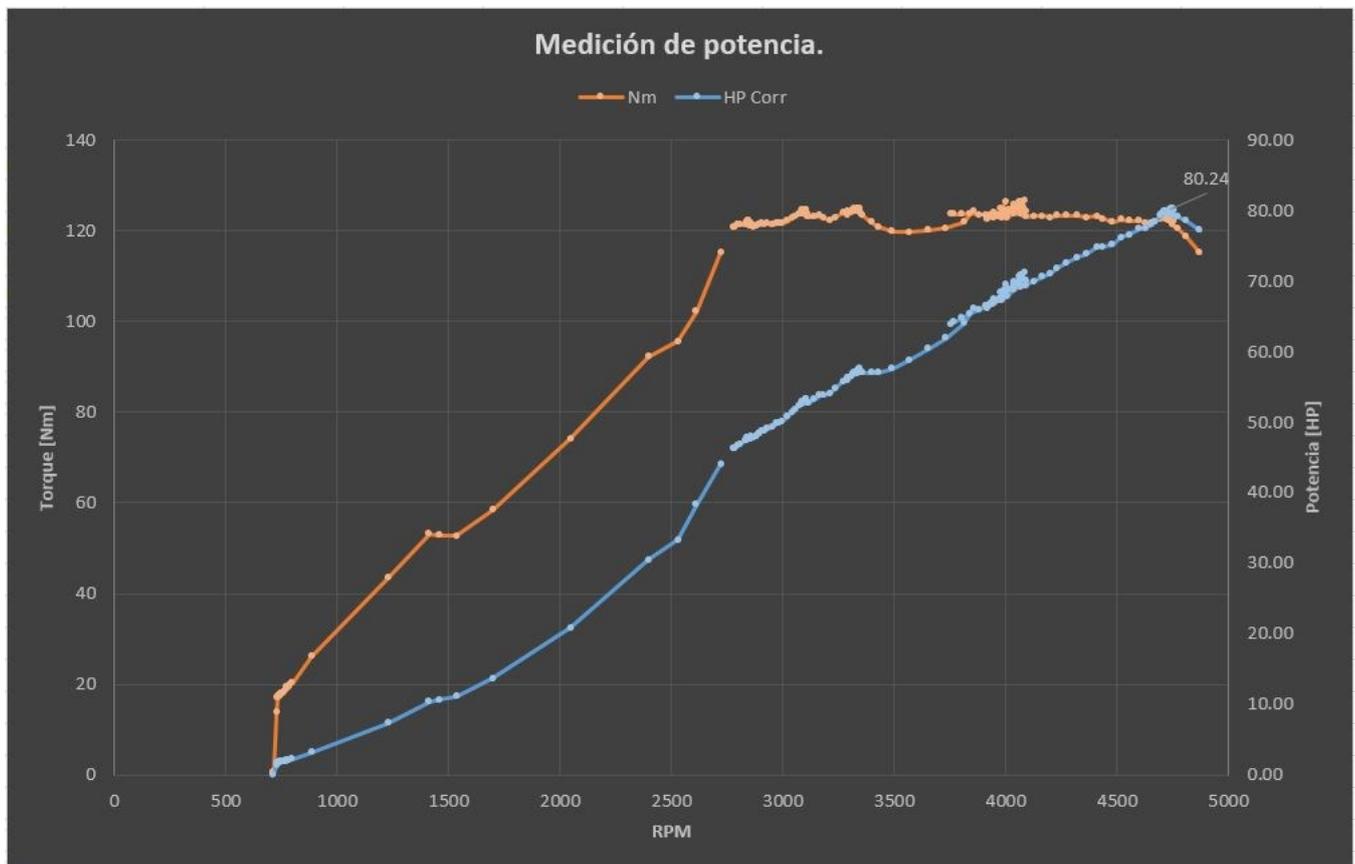
Factor de corrección

Las condiciones ambientales en el momento de la prueba fueron:

- Temperatura: 16°C
- Presión atmosférica: 1022 Hpa
- Humedad relativa: 64%

Se obtiene un factor de corrección de 0,961

La potencia es menor a lo esperado porque los automóviles Peugeot protegen el motor en los primeros 10.000Km limitando sus rpm a 5000. Luego la ECU "libera" al motor para que pueda disponer de su máximo potencial. Como el motor es nuevo, tiene un corte a las 5000 rpm.



Curva de potencia y torque. Motor EC5 en banco de pruebas de UTN-FRCU.

SOFTWARE

SOFTWARE

Para realizar las pruebas de potencia, es necesario disponer de una computadora para conectarla con el cable USB dispuesto en el torpedo, de este modo se alimenta la interfaz que obtiene los parámetros de la prueba.

En el tablero, se encuentra un pendrive que tiene en su interior un archivo setup el cual sirve para instalar el software. Con el mismo se pueden ver los datos en tiempo real y guardarlos en una base de datos.

Para que exista comunicación entre el programa y la interfaz de medición, es necesario seleccionar el puerto USB en donde se conectó el cable. Si no aparece el puerto, presionar el botón RESTART, si el problema no se resuelve verificar los drivers del puerto USB.

Realizar una prueba

Para realizar una prueba es necesario seguir detalladamente los siguientes pasos:

- 1°- Quitar el seguro del brazo de palanca.
- 2°- Conectar la computadora mediante el cable USB y establecer comunicación. En este momento se realiza la tara de la celda de carga.
- 3°- Poner en marcha el motor.
- 4°- Registrar los datos.
- 5°- Detener el motor.
- 6°- Desconectar el cable USB.

Nunca desconectar el cable USB mientras el motor se encuentra en marcha. Se puede descalibrar el medidor de potencia.

Registro de los datos

Una vez que se establece comunicación con el banco de pruebas y se desea registrar una prueba se deben seguir los siguientes pasos.

- ⇒ Tener el banco de pruebas listo para comenzar una prueba.
- ⇒ Presionar el botón de inicio de registro de datos.
- ⇒ Realizar las pruebas de potencia deseadas.
- ⇒ Presionar el botón de detención de registro de datos. Automáticamente se genera un archivo con los datos obtenidos durante la prueba.

Si se desean registrar mas datos, repetir los pasos anteriores.

Para que funcione la medición de potencia, se debe alimentar la interfaz electrónica mediante el cable USB.

Cada vez que se conecta el cable USB, el programa tara la celda de carga, por lo tanto, se debe conectar cuando el motor esta detenido.



Software para pruebas de potencia.

REGULACIÓN

Regulación del dinamómetro

En primer lugar, es necesario aclarar que la regulación del dinamómetro es fija para cada motor. Es decir, que se debe modificar solamente cuando se reemplaza el motor a medir.

La regulación se realiza mediante una válvula 2 de $\frac{1}{4}$ vuelta (Figura 2.6) que se encuentra en la salida de agua del dinamómetro, debajo del mismo.



Fig. 2.6: Válvula de regulación.

Para comenzar una puesta a punto desde cero, es necesario seguir los siguientes pasos:

- ⇒ Abrir la válvula de la red de agua de la facultad.
- ⇒ Abrir al 100% las válvulas del freno.
- ⇒ Acelerar el motor hasta las 3000 rpm e intentar mantener el motor en esta velocidad.
- ⇒ Comenzar a cerrar progresivamente la válvula de regulación, dando un tiempo entre cada punto para que el dinamómetro se llene de agua.
- ⇒ Al cerrar la válvula de regulación, aumen-

ta la carga del motor. Cuando el mismo se encuentre en carga máxima a 3000 rpm, el dinamómetro está regulado.



Nunca cerrar por completo la válvula de regulación ya que esto sobrecalienta el freno. Siempre debe salir agua por la manguera de salida del dinamómetro.

PRUEBA DE SENSORES

INTRODUCCIÓN

En la parte central del torpedo del banco de pruebas se encuentra un tablero en el que se pueden realizar mediciones de los principales sensores que monitorean el funcionamiento del motor EC5 1.6.

En el mismo, es posible generar fallas de corte de línea, y por lo tanto la desconexión del sensor. De este modo, se analiza la repercusión que genera la faltante del mismo.

A continuación, se encuentra el análisis en detalle de cada uno de los sensores: ubicación, funcionamiento y sus valores normales.

Los sensores que se pueden analizar son los siguientes:

- ⇒ Sensor de posición del cigüeñal (CKP)
- ⇒ Sensor de posición de levas (CMP).
- ⇒ Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT).
- ⇒ Sensor de detonación (KS).
- ⇒ Sensores de oxígeno (AFR1 y AFR2).
- ⇒ Sensor de presión (MAP) y temperatura del aire de entrada (IAT).

Posición del cigüeñal (CKP)

⇒ ¿En que consiste?

Es un sensor que sirve para detectar elementos ferrosos, ya sea en su presencia o ausencia. En general, se utilizan para determinar el paso, atasco, codificación y conteo en distintas aplicaciones. Figura 3.1.

⇒ ¿Cómo funciona?

Este sensor es del tipo inductivo, de transductores magnéticos de reluctancia variable que consta de un imán permanente rodeado de un bobinado que, al acercarse un material ferroso y luego alejarlo, hace que varíe el campo magnético del imán el cual produce una fuerza electromotriz en la bobina y en consecuencia se producirá una tensión de corriente alterna (AC) en los terminales.

⇒ Función en el motor.

Su función en el motor es determinar la posición del Punto Muerto Superior (PMS) del primer cilindro, y a su vez, la velocidad de giro del cigüeñal (RPM).

Este dispositivo funciona en conjunto con los dientes que se encuentran en el volante del motor, determinando la velocidad de giro del mismo. A su vez, en un sector del volante existe una faltante de dientes, lo cual se utiliza para determinar el PMS (Punto Muerto Superior) del ciclo de funcionamiento.

En los vehículos modernos de encendido electrónico es muy importante el papel que cumple este sensor ya que envía una señal al calculador ECU informándole la posición en la que se encuentran los pistones. La computadora requiere de esta información para mandar la chispa de encendido a las bujías y también el pulso de inyección. Cuando el motor debe detenerse, utiliza el PMS para detener el motor en el momento justo para permitir un perfecto futuro arranque.



Fig. 3.1: Sensor de posición de cigüeñal CKP.

Ubicación en el motor

En el motor EC5 del banco de pruebas se encuentra en la parte posterior al motor, sobre el volante de inercia. Figura 3.2.

En otras motorizaciones se puede encontrar ubicado en la polea del cigüeñal, en la parte delantera del motor.

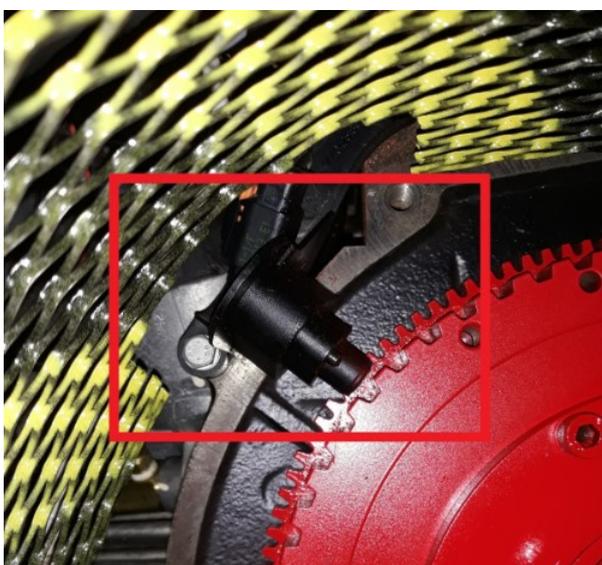


Fig. 3.2: Ubicación del sensor CKP en el motor EC5.

Parámetros de funcionamiento

En los puertos de medida del sensor en el tablero de prueba se colocan las sondas del instrumento de medición:

⇒ Con multímetro:

En marcha mínima (ralentí), el multímetro debe medir entre los dos terminales del tablero un valor entre 3 y 5 VAC.

Cuando se acelera el motor el valor debe aumentar en función de las RPM.

⇒ Con osciloscopio:

Se utiliza una sonda de medición en el puerto de señal (rojo) con respecto a tierra. En la pan-

talla del osciloscopio se debe ajustar la escala a un valor de 2V/div y 2ms/div. Se observa una señal similar a la de la figura 3.3. Donde se puede detectar el PMS de cada ciclo.

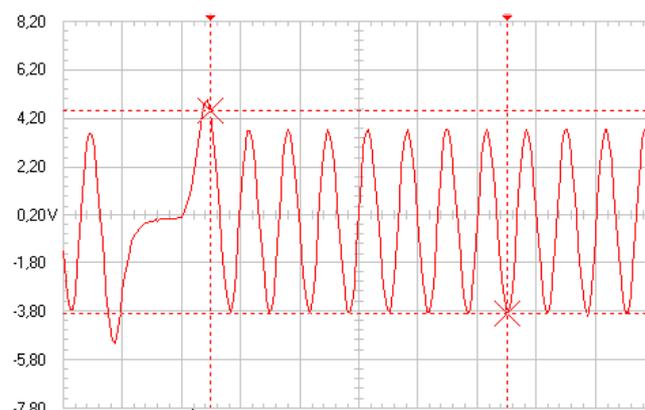


Fig. 3.3: Señal sensor CKP con osciloscopio en escala 2V/div y 2ms/div.

Generación de falla

Para generar la falla de este sensor se debe colocar la llave correspondiente al sensor CKP en modo OFF (hacia abajo) y de esta manera se corta la línea de comunicación con el calculador ECU.

Al existir una falla con este sensor, el motor se detiene instantáneamente porque el calculador desconoce la velocidad y el posicionamiento del cigüeñal.

Además pueden existir otras fallas:

- Cortocircuito a masa.
- Cortocircuito a positivo.
- Cortocircuito entre cables de comunicación.



No es recomendable detener el motor con el corte de funcionamiento del sensor CKP. Detiene el motor de manera espontánea sin acción de la BSI.

Sensor de posición de levas (CMP)

⇒ ¿En que consiste?

Es un sensor de efecto hall que determina de forma instantánea la posición del árbol de levas. Figura 3.4.

⇒ ¿Cómo funciona?

Cuando el árbol de levas gira, el sensor capta su velocidad y posicionamiento debido a una variación del campo magnético generado en el sensor a causa de la geometría del árbol. Como tiene ranuras, genera una señal cuadrada como un Hall-effect switch.

⇒ Función en el motor.

Este sensor envía información acerca de la velocidad y posición del árbol de levas, esto le permite al calculador del motor especificar la secuencia adecuada de inyección.



Fig. 3.4: Sensor CMP.

Ubicación en el motor

En el motor EC5 del banco de pruebas se encuentra debajo de la admisión y próximo al filtro de aire. Figura 3.5.



Fig. 3.5: Ubicación del sensor CMP en el motor EC5.

Parámetros de funcionamiento

Utilizando un osciloscopio, en los puertos de medida del sensor CMP del tablero de prueba se coloca una sonda de medición, conectando el puerto de señal (rojo) con respecto al negativo (negro).

Ajustar la escala del instrumento en 2 V/div y 50 ms/div, en la pantalla se debe observar un gráfico de onda cuadrada similar al de la figura 3.6, con una tensión pico a pico de 12 volts.

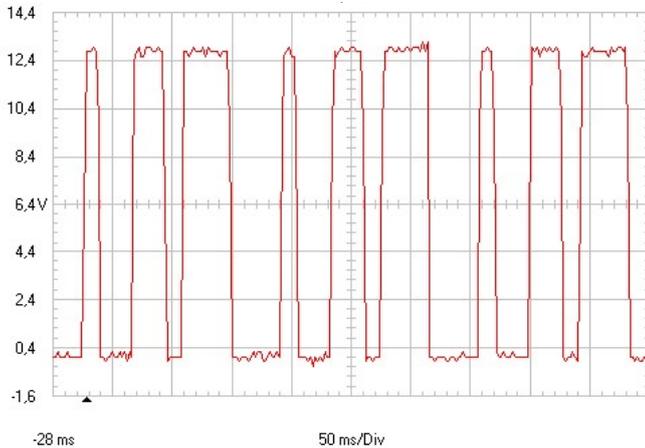


Fig. 3.6: Señal sensor CMP con osciloscopio en escala 2V/div y 50ms/div

Generación de falla

Para generar la falla de este sensor se debe colocar la llave correspondiente al sensor CMP en modo OFF (hacia abajo) y de esta manera se corta la línea de comunicación con el calculador ECU.

Al existir una falla con este sensor, el calculador ECU no recibe información acerca de la posición del árbol de levas de admisión y no podrá efectuar el cálculo de inyección adecuado cuando funcione el sistema VVT (variación del árbol de levas). Cuando el motor se encuentra en carga y se genera esta falla, existe una leve disminución de potencia.

Además pueden existir otras fallas:

- Cortocircuito a masa.
- Cortocircuito a positivo.
- Cortocircuito entre cables de comunicación.



En pruebas de potencia es necesario que estén todos los sensores conectados para evitar daños en el motor y relevar datos confiables.

Sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

⇒ ¿En qué consiste?

Es un dispositivo que tiene en su interior un termistor, el cual registra la temperatura del refrigerante. Figura 3.7.

⇒ ¿Cómo funciona?

El funcionamiento se basa en la variación de la resistencia del semiconductor del termistor, debido al cambio de la temperatura, creando una variación en la concentración de portadores. Para los termistores NTC, al aumentar la temperatura, aumentará también la concentración de portadores, por lo que la resistencia será menor, de ahí que el coeficiente sea negativo.

⇒ Función en el motor.

En el motor, este sensor determina la temperatura del refrigerante en la entrada del termostato, con este valor el calculador conoce la temperatura del motor en todo su conjunto, y de este modo toma ciertas decisiones para hacer su funcionamiento más eficiente. A su vez, envía este dato al tablero el cual es representado en un medidor de temperatura para que el conductor del automóvil esté informado acerca de esta condición. Figura 3.8.

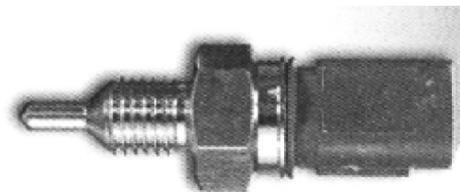


Fig. 3.7: Sensor de temperatura del refrigerante ECT.



Fig. 3.8: Medidor de temperatura. Tablero de instrumentos.

Ubicación en el motor

En el motor EC5 del banco de pruebas se encuentra en la base del termostato, justo encima del volante de inercia. Figura 3.9.



Fig. 3.9: Ubicación del sensor ECT en el motor EC5.

Parámetros de funcionamiento

Utilizando un voltímetro, conectar una sonda de medición en los puertos de medida del sensor ECT del tablero de pruebas, conectando el puerto de señal (rojo) con respecto al negativo (negro).

Cuando el motor se encuentra a temperatura ambiente, el valor debe ser de 5 VDC aproximadamente (depende de la temperatura ambiente)

Cuando el motor se encuentra en temperatura de régimen, a una temperatura cercana a 90° C el valor debe estar próximo a 1 VDC.

Generación de falla

Para generar la falla de este sensor se debe colocar la llave correspondiente al sensor ECT en modo OFF (hacia abajo) y de esta manera se corta la línea de comunicación con el calculador ECU.

Cuando sucede esto, la resistencia tiende al infinito, en consecuencia la tensión tiene un valor cero. El calculador interpreta que la temperatura del motor es máxima y por lo tanto ingresa en modo de emergencia. El motor se acelera levemente y el electro ventilador se enciende a velocidad máxima.

En el tablero se indica la temperatura máxima y aparecen señales de advertencia en la pantalla. Figura 3.10.



Fig. 3.10: Tablero de instrumentos en modo emergencia de alta temperatura.

Sensor de detonación (KS)

⇒¿En que consiste?

El sensor de detonación es un sensor que capta y cuantifica vibraciones mecánicas. Figura 3.11.

⇒¿Cómo funciona?

El sensor de detonación es del tipo piezoeléctrico, produce un voltaje con una frecuencia determinada al surgir movimientos entre sus capas o por ejercer una presión sobre ellas. La señal que produce es voltaje de AC (Corriente Alterna), y entre cuanto mayor sea la vibración, el voltaje producido será más grande.

⇒Función en el motor.

Tiene como función detectar vibraciones que se obtienen por las detonaciones del motor. En caso de ocurrir una vibración normal, el sensor Knock guarda un nivel de voltaje que se determina de forma proporcional al nivel de la vibración. La Unidad de Control de Motor (ECU) guarda los datos de ese nivel de tensión mediante un circuito Shmit Triguer. Completado ese nivel de señal, al momento en que ocurre otra vibración, la cual supere el nivel de voltaje que ya se guardó, la ECU dictará un retraso a través de un ajuste en los tiempos de ignición. Esto lo hará hasta que el motor sea estable.

Hay casos en los que la ECU no obedece la señal del sensor KS, esta situación se da cuando el motor está en ralentí y con baja temperatura. La razón de esta acción es que las señales no sirven porque al tratar de encenderlo o cuando aún está frío, las vibraciones son muchas y no se puede estabilizar el motor mediante los tiempos de ignición.



Fig. 3.11: Sensor de detonación KS.

Ubicación en el motor

En el motor EC5 del banco de pruebas se encuentra en el block motor, justo debajo del colector de admisión. Figura 3.12.

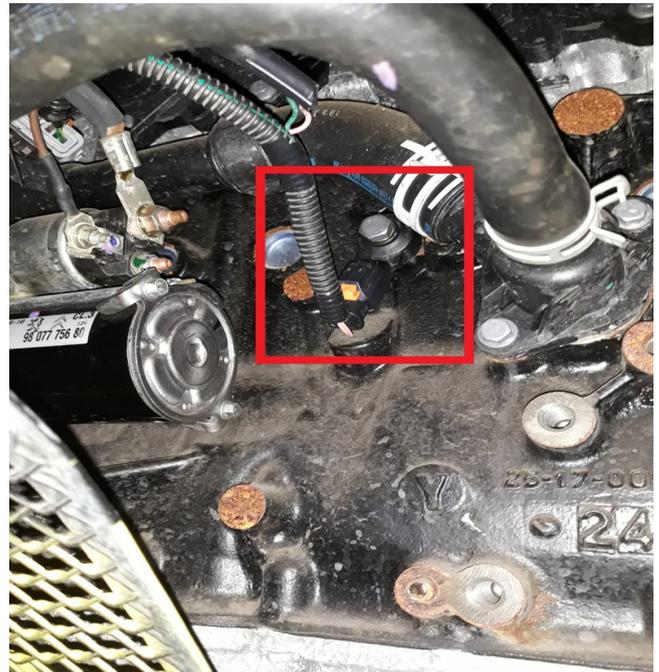


Fig. 3.12: Ubicación del sensor de detonación KS en el motor EC5.

Parámetros de funcionamiento

Utilizando un osciloscopio, en los puertos de medida del sensor KS del tablero de prueba se coloca una sonda de medición, conectando el puerto de señal (rojo) con respecto al negativo (negro).

Ajustar la escala del instrumento en 100 mV/div y 10 ms/div, en la pantalla se representa una señal con una forma de onda similar a una sinusoidal cuando el motor está en ralentí (figura 3.13), y puede variar su forma al incrementar las RPM en consecuencia de la presencia de detonaciones en la cámara de combustión.

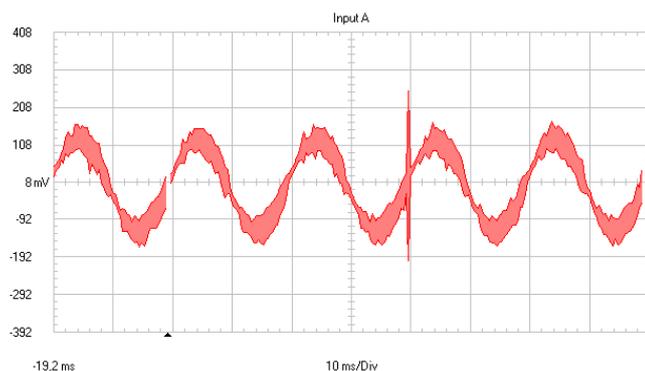


Fig. 3.13: Señal sensor KS con osciloscopio en escala 100 mV/div y 10ms/div.

Generación de falla

Para generar la falla de este sensor se debe colocar la llave correspondiente al sensor KS en modo OFF (hacia abajo) y de esta manera se corta la línea de comunicación con el calculador ECU.

Al existir una falla con este sensor, el calculador ECU no recibe información acerca de la presencia o no de detonaciones producidas en las cámaras de combustión.

Cuando el motor se encuentra en carga y se genera esta falla, pueden aparecer detonaciones generadas por la mala calidad del combustible, la presencia de puntos calientes excesivos en la cámara de combustión a causa de presiones elevadas y/o un tiempo de encendido de chispa de la bujía fuera del rango ideal.

Proyecto final de carrera.

Página 20

Además pueden existir otras fallas:

- Cortocircuito a masa.
- Cortocircuito a positivo.
- Cortocircuito entre cables de comunicación.

Sensores de oxígeno (AFR1/2)

⇒¿En qué consiste?

Los sensores de oxígeno son dispositivos que captan y cuantifican la cantidad de oxígeno presente en la salida del múltiple de escape (AFR1) y a la salida del catalizador (AFR2) por medio de la generación de diferencias de tensión entre terminales. Fig. 3.14.

⇒¿Cómo funciona?

En temperaturas superiores a unos 300 °C la cerámica de la sonda, compuesta de dióxido de zirconio y de itrio, se vuelve conductora de iones negativos de oxígeno. La diferencia de concentración da lugar a una difusión de iones del gas evacuado. Los átomos de oxígeno pueden moverse en la cerámica como iones de carga negativa doble. Los electrones necesarios para la ionización de los átomos de oxígeno son suministrados por los electrodos, que son conductores electrónicos. De esta forma puede tomarse el voltaje de la sonda entre los electrodos de platino situados dentro y fuera. Esta información se transmite por medio del cableado a la BSI. Las sondas cuentan con una resistencia calefactora para poder lograr la temperatura de trabajo, en caso de que el motor estuviera frío.

⇒Función en el motor.

Cada gramo de combustible que se inyecta en la cámara de combustión necesita 14,7 gramos de aire para que la combustión sea perfecta.

Por debajo de esa cantidad de aire la mezcla que se obtiene es 'rica', lo que provoca que el combustible no se queme en su totalidad y que por el escape se expulse hollín y monóxido de carbono.

Si la cantidad de aire está por encima de 14,7 gramos el motor tampoco alcanzaría una combustión ideal, facilitando la expulsión de óxidos de nitrógeno, e incluso provocaría la parada del motor por falta de carburante.

La misión de la sonda Lambda es medir la concentración de oxígeno que existe en los gases de escape, al momento de ser expulsados del motor. La segunda sonda Lambda se encarga de medir también la concentración de oxígeno, pero en este caso una vez que ha pasado por el catalizador, para comprobar el correcto funcio-



Fig. 2.14: Sensor de oxígeno AFR.

Ubicación en el motor

En el motor EC5 del banco de pruebas la AFR1 se encuentra en la parte superior del múltiple de escape y la AFR2 se encuentra justo a la salida del catalizador en el caño de salida de gases del motor. Figura 3.15.



Fig. 3.15: Ubicación del sensor de oxígeno AFR1.

Parámetros de funcionamiento

Utilizando un osciloscopio, en los puertos de medida del sensor AFR1 del tablero de prueba se coloca una sonda de medición, conectando el puerto de señal (rojo) con respecto al negativo (negro).

Ajustar la escala del instrumento en 500 mV/div y 50 ms/div, en la pantalla se debe observar un gráfico de onda similar a la figura 3.16 cuando se elevan las RPM produciendo un cambio en la cantidad de oxígeno en la salida de los gases de escape.

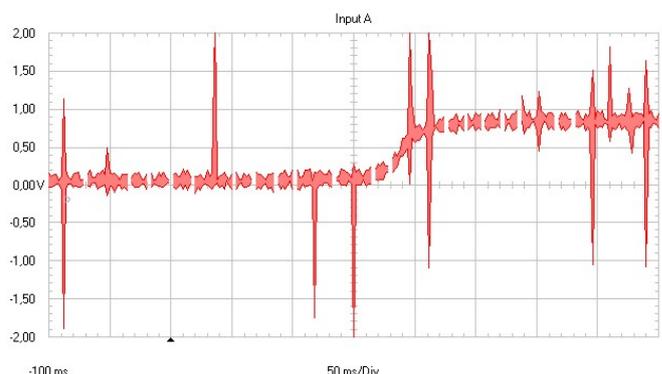


Fig. 3.16: Señal sensor AFR1 con osciloscopio en escala 500mV/div y 50ms/div.

Generación de falla

Para generar la falla de este sensor se debe colocar la llave correspondiente al sensor AFR1 en modo OFF (hacia abajo) y de esta manera se corta la línea de comunicación con el calculador ECU.

Al existir una falla con este sensor, el calculador ECU no recibe información acerca de la cantidad de oxígeno presente en los gases de escape y este desconocimiento produce que la inyección y dosificación de la mezcla aire/combustible se realice de manera deficiente y provoque una disminución de rendimiento del motor y un aumento de la contaminación de gases no deseados en el medio ambiente, ya que no puede regular la cantidad de contaminantes que se expulsan por el escape.

Los conectores de las AFR1/2 poseen cuatro pines, siendo dos pines correspondientes a la señal propia del sensor y los otros dos para la alimentación de la resistencia calefactora con una tensión que le suministra la ECU para mantener las sondas en su temperatura de trabajo.

Además pueden existir otras fallas:

- Cortocircuito a masa.
- Cortocircuito a positivo.
- Cortocircuito entre cables de comunicación.



Evitar realizar cortes prolongados de las AFR1/2 por posibles daños al catalizador.

Sensor de presión y temperatura (MAP-IAT)

⇒¿En qué consiste?

Es un sensor que tiene incluido en el mismo elemento, dos medidores que determinan la temperatura y presión del colector de admisión de aire. Figura 3.17.

⇒¿Cómo funciona?

La temperatura es medida con un termistor que varía su resistencia ante los cambios de temperatura.

La presión es medida con un material semiconductor, que a causa de la variación de presión en el colector, varía su resistividad y en consecuencia, se modifica la tensión de alimentación.

⇒¿Función en el motor?

Este sensor envía información al calculador ECU del motor acerca de la condición que tiene el aire de admisión en el colector. Con este dato, el calculador determina el tiempo de apertura de los inyectores. De este modo, se intenta realizar una combustión estequiométricamente exacta.



Fig. 3.17: Sensor de presión y temperatura del colector de admisión MAP-IAT.

Ubicación en el motor.

En el motor EC5 del banco de pruebas se encuentra en el múltiple de admisión, en la parte superior del motor. Figura 2.18.



Fig. 3.18: Ubicación del sensor MAP-IAT en el motor EC5.

Parámetros de funcionamiento.

El sensor posee 4 pines de conexión:

- Tensión de entrada de 5 V.
- Masa.
- Señal de MAP.
- Señal de IAT.

Estos pines se encuentran divididos en dos puertos de medida en la parte inferior del tablero de pruebas de sensores.

Para analizar la señal del sensor MAP se conecta un instrumento en los puertos de medida con una sonda en el puerto de señal (rojo) con respecto al negativo (negro).

Con el instrumento de medición conectado, acelerar el motor para generar un cambio en la presión de admisión, y de esta manera observar los cambios en los valores de la señal del sensor.

Si se utiliza un multímetro, la tensión de la señal de salida varía entre los 0.6 y 2.8 volts.

Si se utiliza un osciloscopio, se debe regular en escala de 200 ms/div y 2 V/div, observando un gráfico similar al de la (figura 2.19) En el centro del gráfico, se observa la variación de presión generada por un cambio brusco en las rpm del motor. Figura 19.

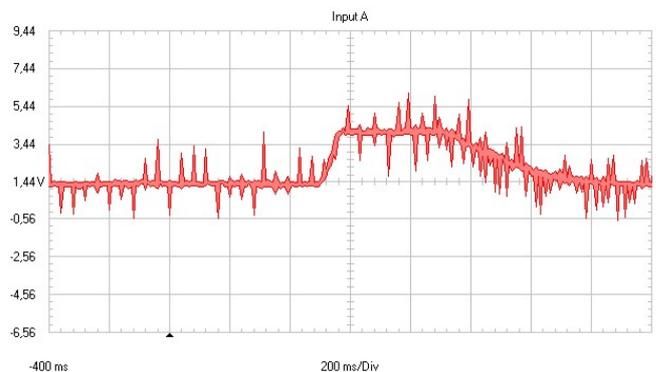


Fig. 3.19: Señal sensor MAP con osciloscopio en escala 2V/div y 200ms/div

Generación de fallas

Para generar la falla de este sensor se debe colocar la llave correspondiente al sensor MAP o IAT en modo OFF (hacia abajo) y de esta manera se corta la línea de comunicación con el computador ECU.

Al existir una falla con este sensor, el computador ECU no recibe información acerca de las condiciones del aire de admisión, y por lo tanto el motor realiza una mala combustión.

Además pueden existir otras fallas:

- Cortocircuito a masa.
- Cortocircuito a positivo.
- Cortocircuito entre cables de comunicación.



Es recomendable utilizar el corte de señal de los sensores del motor para generar fallas solo cuando sea necesario.

SISTEMA CAN-BUS

INTRODUCCIÓN

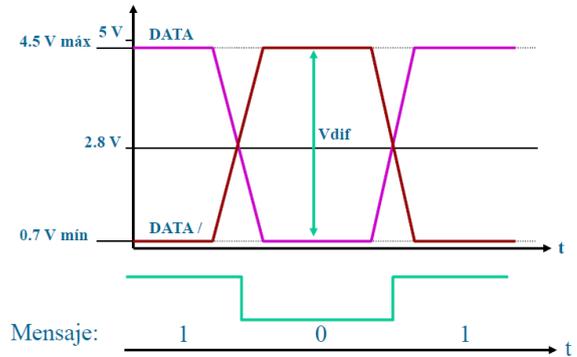
El sistema de comunicación y control CAN-BUS se puede observar incorporado en automóviles a partir del año 1990.

CAN (acrónimo del inglés Controller Area Network) es un protocolo de comunicaciones desarrollado por la firma alemana Robert Bosch, basado la transmisión de mensajes en entornos distribuidos, los datos se envían con un sistema de paquetes comúnmente llamado bus. Además ofrece una solución a la gestión de la comunicación entre múltiples CPUs (Unidades Centrales de Proceso). En el caso específico del automóvil, permite la comunicación entre la computadora que se encuentra en el interior del vehículo, llamada BSI (acrónimo del inglés Box Service Intelligent) y la computadora que controla el motor, llamada ECU (acrónimo del inglés Engine Control Unit).

COMPOSICIÓN

La transmisión de señales en un CAN-BUS se lleva a cabo a través de dos cables trenzados. Las señales de estos cables se denominan CAN-H (*CAN HIGH*) y CAN-L (*CAN LOW*) respectivamente. El bus de datos tiene dos estados definidos: estado dominante y estado recesivo. (Figura 4.1)

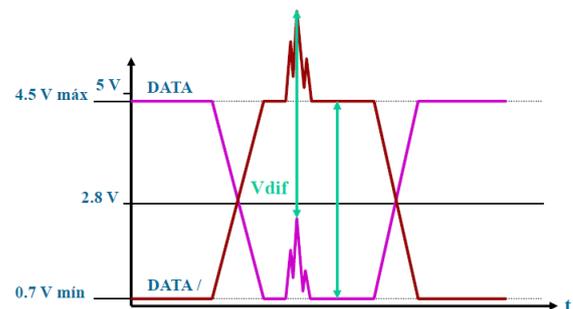
En estado recesivo, los dos cables del bus se encuentran al mismo nivel de tensión, mientras que en estado dominante hay una diferencia de tensión entre CAN_H y CAN_L de al menos 1,5 V. La transmisión de señales en forma de tensión diferencial, en comparación con la transmisión en forma de tensiones absolutas, proporciona protección frente a interferencias electromagnéticas. (Figura 4.2).



$$V_{dif} = V_{DATA} (\text{can H}) - V_{DATA} (\text{can L})$$

Si: $V_{dif} > 0$ el bit esta en 1

$V_{dif} < 0$ el bit esta en 0



Resistencias

En los extremos finales de la línea CAN, en este caso las unidades BSI y ECU, se encuentran dos resistencias de 60 ohm cada una conectadas en serie, por lo tanto, en cada unidad existe una resistencia de 120 ohm (Figura 4.3).

Como resultado de la conexión del sistema de comunicación, las unidades se encuentran conectadas en paralelo, por lo tanto, si los equipos se encuentran en buen estado debe existir una resistencia de 60 ohm en su totalidad.

Con esta configuración, la velocidad de transmisión del bus es como máximo de 1 Mbit/s.

TABLERO DE PRUEBAS

En la parte superior del tablero se encuentra un tablero en donde se accede al sistema CAN-BUS para comprobar su comportamiento y generar fallas.

Verificación de resistencias

En primer lugar, se deben verificar las resistencias, para ello la es recomendable desconectar la batería y colocar un multímetro con sus sondas en los puertos de medida de los canales CAN-H y CAN-L.

Con las llaves de los canales en modo ON, de debe medir una resistencia de 60 ohm.

Con las llaves de los canales en modo OFF se realiza una simulación de corte de línea, por lo tanto se debe medir una resistencia de 120 ohm.

Verificación de tensión con multímetro

Con el banco de pruebas en contacto se pueden realizar dos pruebas:

- ⇒ Conectar un multímetro con su sonda positiva en el puerto de medida del canal CAN-H y su sonda negativa en el puerto de puesta a tierra. El valor debe estar entre 2,5 y 3,5 voltios.
- ⇒ Conectar un multímetro con su sonda positiva en el puerto de medida del canal CAN-L y su sonda negativa en el puerto de puesta a tierra. El valor debe estar entre 1,5 y 2,5 voltios.

SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y CONTROL CAN-BUS

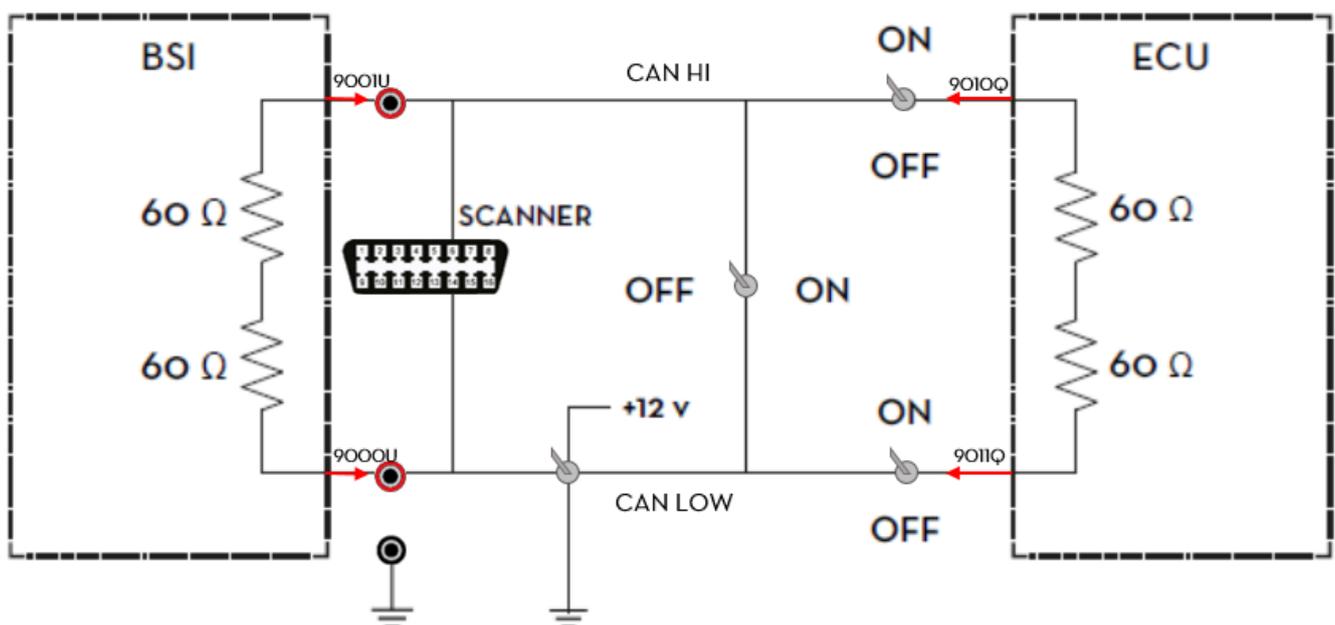


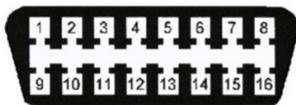
Fig. 4.3: Tablero de pruebas del sistema de comunicación y control CAN-BUS.

Conector de SCANNER

En el centro del tablero de pruebas se encuentra un conector hembra llamada OBDII. Esta ficha es un puerto de acceso al sistema CAN-BUS en donde se puede conectar un scanner realizar análisis de diagnóstico.

Observando esta ficha en detalle (Fig. 4.4) se pueden ver que en el pin 6 se conecta el CAN-H y en el pin 14 el CAN-L, por lo tanto se pueden realizar las verificaciones anteriores mediante este recurso.

Terminales del Conector OBDII



1 – Sin uso	9 – Sin uso
2 - J1850 Bus positivo	10 - J1850 Bus negativo
3 – Sin uso	11 – Sin uso
4 - Tierra del Vehículo	12 – Sin uso
5 – Tierra de la Señal	13 – Tierra de la señal
6 - CAN High	14 - CAN Low
7 - ISO 9141-2 - Línea K	15 - ISO 9141-2 - Línea L
8 – Sin uso	16 - Batería - positivo

Fig. 4.4: Conector Scanner de diagnosis.

Verificación de tensión con Osciloscopio

Se debe conectar el osciloscopio con la sonda A en el puerto del canal CAN-H con respecto a tierra, y la sonda B en el canal CAN-L con respecto a tierra.

Se configura el osciloscopio para medir en 500mv/div y 5us/div, en esta escala se debe observar una señal similar a la de la figura 4.5, en donde se ve cada bit del bus.

Si se disminuye la escala de tiempo a 200 us/div, se puede observar el bus de datos en su totalidad, generando un grafico similar al de la figura 4.6.

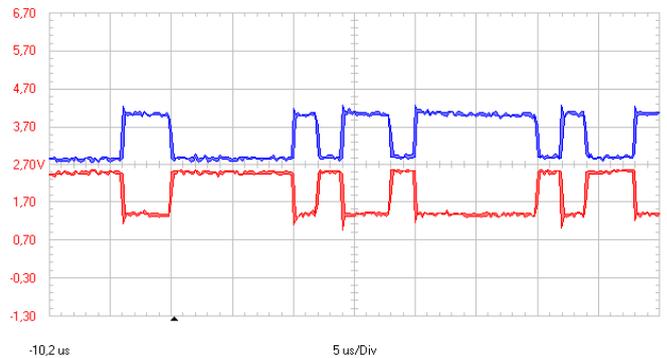


Fig. 4.5: Señal de osciloscopio. Escala 5 us/div
Curva azul: Can H. Curva Roja: Can L.

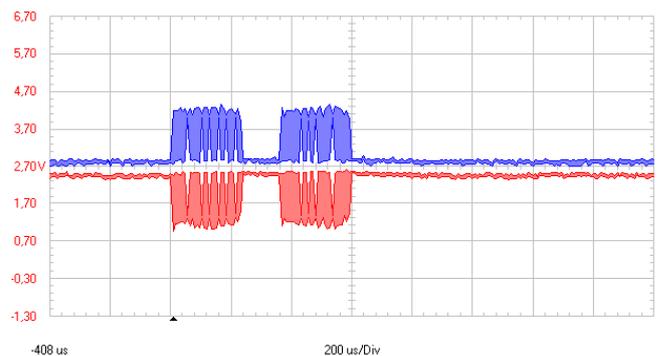


Fig. 4.6: Señal de osciloscopio. Escala 200us/div
Curva azul: Can H. Curva Roja: Can L.

GENERACIÓN DE FALLAS

El tablero de pruebas permite realizar 4 fallas distintas, explicadas en detalle a continuación.

Cuando se realiza cualquiera de ellas, se impide la comunicación entre el modulo de control del motor ECU y la computadora del interior del automóvil BSI, por lo tanto, se puede observar que como consecuencia de ello suceden los siguientes eventos.

- ⇒ Si el motor esta detenido y se genera una falla, no arranca hasta que la misma desaparezca.
- ⇒ Si el motor esta en marcha, los datos no llegan al tablero y por lo tanto todas las agujas se detienen y luego caen a su valor cero hasta que se recupere la comunicación.
- ⇒ Cuando se genera una falla con el motor en marcha, el mismo permanece funcionando, pero si se detiene no vuelve a arrancar hasta que se recupere la comunicación.

Falla de corte de línea

Esta falla ocurre cuando se corta uno de los conductores de la red multiplexada del sistema CAN-BUS que une los módulos de control. Es una de las fallas mas comunes en los automóviles , a causa del desgaste de los conductores. Figura 4.7.

Procedimiento: Con un multímetro o con el osciloscopio se miden los puntos de medida de los canales CAN-H y CAN-L. Se genera la falla colocando las fichas de las líneas en modo OFF. (Se puede hacer con cualquier canal o con ambos) Se observa como la tensión de los canales se modifica y se detiene la comunicación.

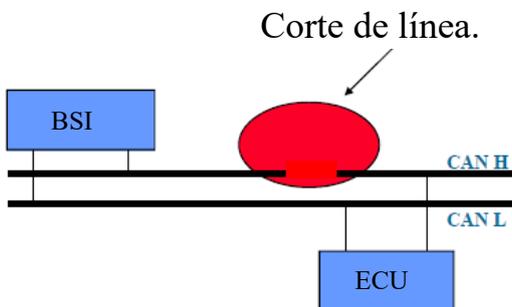


Fig. 4.7: Falla de corte de línea.

Falla de cortocircuito entre líneas

Esta falla ocurre cuando se cortocircuitan los conductores de la red multiplexada del sistema CAN-BUS. Figura 4.8.

Procedimiento: Con un multímetro o con el osciloscopio se miden los puntos de medida de los canales CAN-H y CAN-L. Se genera la falla colocando la ficha que se encuentra en el centro del tablero de pruebas en modo ON.

Conectando un osciloscopio se observa un grafico similar al de la figura 4.9 donde la tensión de ambos canales se mantiene constante y rondan los 2,6 volts. Con un multímetro se pueden verificar los mismos valores.

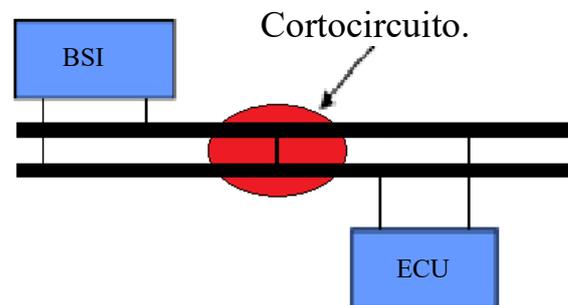


Fig. 4.8: Falla de cortocircuito entre líneas.

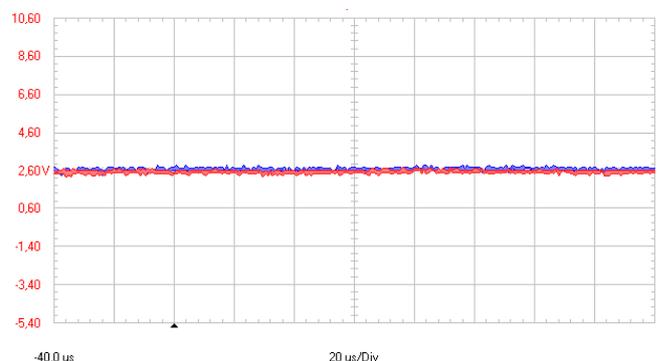


Fig. 4.9: Señal de osciloscopio. Falla de cortocircuito entre líneas. Escala 20 us/div Curva azul: Can H. Curva Roja: Can L.

Falla de cortocircuito a +12 Volts

Esta situación es poco probable que suceda, ocurre cuando alguno de los conductores de la red multiplexada se cortocircuitan con una tensión de 12 volts, la cual normalmente proviene de la batería. Figura 4.10.

Procedimiento: Con un multímetro o con el osciloscopio se miden los puntos de medida de los canales CAN-H y CAN-L. Se genera la falla colocando la llave de 3 puntos que se encuentra en la parte inferior izquierda del tablero de pruebas con la palanca hacia arriba. De este modo se cortocircuita el canal CAN-H con la tensión de la batería.

Conectando un osciloscopio se observa un grafico similar al de la figura 4.11, en donde la tensión de canal CAN-H se mantiene constante en un valor cercano a 13 Volts, ya que en el momento de la falla el motor se encontraba funcionando y cargando la batería con esta tensión.

La tensión del canal CAN-L varía en valores entre 7 y 12 volts. Con un multímetro se pueden verificar los mismos valores.

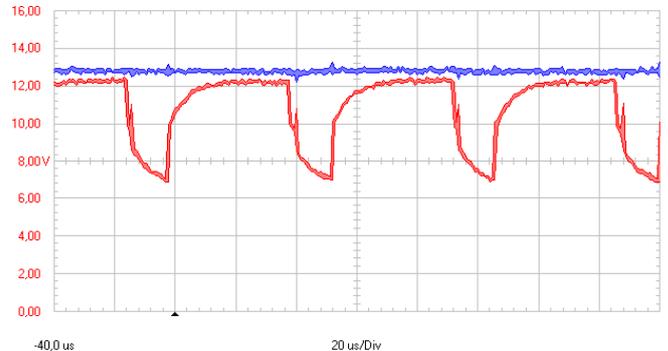


Fig. 4.11: Señal de osciloscopio. Falla de cortocircuito a +12 volts. Escala 20 us/div. Curva azul: Can H. Curva Roja: Can L.

Falla de cortocircuito a tierra

Esta falla ocurre cuando alguno de los conductores de la red multiplexada se cortocircuitan a tierra, lo cual puede surgir cuando los conductores se descastan y hacen contacto con algún objeto del automóvil que se encuentre a masa. Figura 4.12.

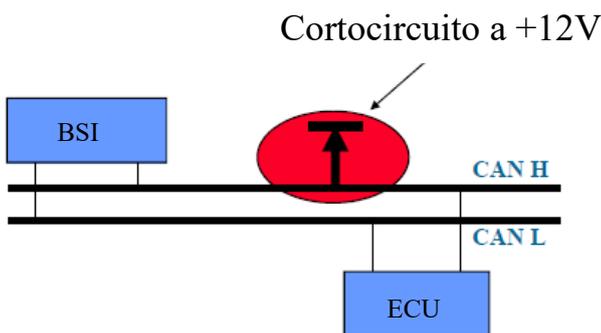


Fig. 4.10: Falla de cortocircuito a +12 volts.

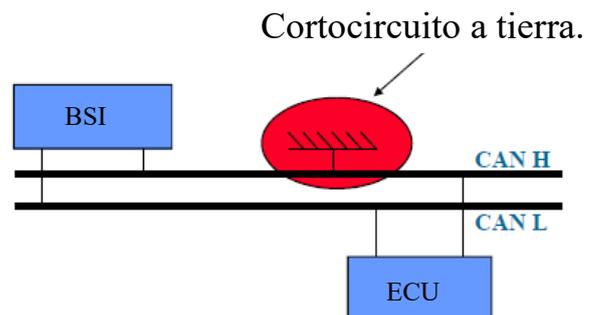


Fig. 4.12: Falla de cortocircuito a tierra.

Procedimiento: Con un multímetro o con el osciloscopio se censan los valores en los puertos de medida de los canales CAN-H y CAN-L. Se genera la falla colocando la llave de 3 puntos que se encuentra en la parte inferior izquierda del tablero de pruebas con la palanca hacia abajo. De este modo se cortocircuita el canal CAN-H con la tensión de tierra (Negativo de la batería).

Conectando un osciloscopio se observa un gráfico similar al de la figura 4.13, en donde la tensión de los canales permanecen constantes en valores cercanos a cero.

Con un multímetro se pueden verificar los mismos valores.

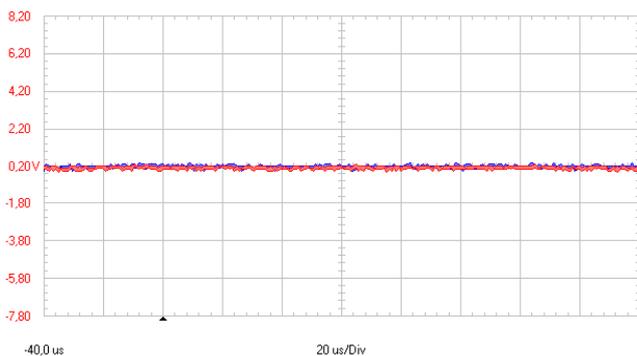


Fig. 4.13: Señal de osciloscopio. Falla de cortocircuito a tierra. Escala 20 us/div. Curva azul: Can H. Curva Roja: Can L.

MANTENIMIENTO

[CONTROL DE NIVELES]

Verificar regularmente todos los niveles siguiendo y respetando las indicaciones que se establecen en el plan de mantenimiento del fabricante del motor y transmisión. Salvo que se indique lo contrario, completarlos si es necesario.

Nivel de aceite

La revisión se realiza a través del indicador de nivel, utilizando la varilla de nivel manual.

Para garantizar la fiabilidad de la medición, el motor debe estar detenido al menos durante 30 minutos. Es recomendable realizar la medición antes de comenzar a utilizar el banco de pruebas.



Pasos para la medición del nivel de aceite

1°- Tirar de la varilla por el extremo de color y sáquela completamente.

2°- Limpiar la varilla con un paño limpio que no desprenda partículas.

3°- Volver a introducir la varilla en su lugar, hasta el fondo, y retírela de nuevo para efectuar un control visual: el nivel debe estar situado entre las marcas A y B.



Advertencia! Al realizar tareas de mantenimiento, algunas zonas del motor pueden estar extremadamente calientes (riesgo de quemaduras) y el electroventilador podría ponerse en marcha en cualquier momento (incluso con el contacto cortado).

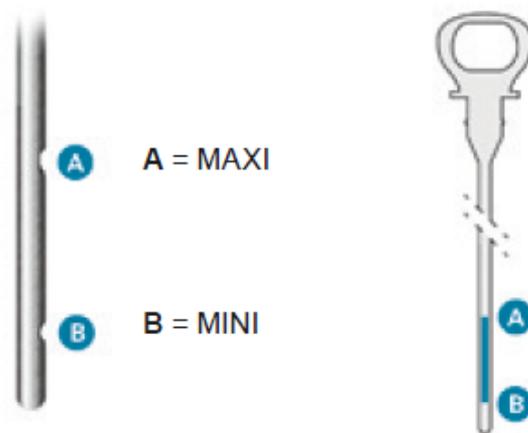


Fig. 5.1: Nivel de aceite en varilla de medición.

Si se constata que el nivel está situado por encima de la marca A o por debajo de la marca B, no arrancar el motor.

- Si el nivel supera el punto MAXI (riesgo de deterioro del motor) verificar la existencia de fluidos externos al lubricante normal, de lo contrario extraer aceite hasta llegar al nivel MAXI.
- Si el nivel no llega a la marca MINI, agregar aceite hasta llegar dentro de los parámetros establecidos.

Llenado del nivel de aceite

La localización del orificio de llenado para el aceite motor se muestra en la parte superior del motor, protegido por un tapón (figura 5.2).

- Desenroscar el tapón del depósito para acceder al orificio de llenado.
- Verter el aceite en pequeñas cantidades evitando su proyección sobre los elementos del motor (riesgo de incendio).
- Esperar unos minutos antes de comprobar el nivel mediante la varilla manual.
- Completar el nivel si es necesario.

- Después de comprobar el nivel, apretar con cuidado el tapón del depósito y a colocar nuevamente la varilla en su emplazamiento.



Fig. 5.2: Tapón de llenado de aceite motor.

Características del aceite

Antes de completar el nivel de aceite o cambiar el aceite del motor, comprobar que el aceite que va a utilizar se corresponde con la motorización del vehículo y que es conforme a las recomendaciones del fabricante. Se recomienda utilizar aceite semi-sintético TOTAL QUARTZ 7000 10W40.

Cambio del aceite del motor

Se recomienda precalentar el motor a una temperatura de refrigerante de 70 °C aproximadamente, para mejorar la evacuación del lubricante deteriorado y seguir los siguientes pasos.

- Conseguir un depósito con dimensiones adecuadas para colocarlo debajo del cárter motor y con una capacidad no menor a cuatro litros.
- Extraer el tapón de vaciado de aceite de cárter con la herramienta correspondiente.

- Una vez extraído el aceite motor, limpiar el tapón, colocarle tres vueltas de teflón fino en la rosca y verificar el estado de la arandela (Figura 5.3).
- Enroscar con cuidado el tapón y no apretar demasiado, son roscas de aluminio.



Fig. 5.3: Tapón de cárter.

Cambio de filtro de aceite

- Se recomienda precalentar el motor a una temperatura de refrigerante de 70 °C aproximadamente, para evitar roturas en el alojamiento por el apriete de la tapa de filtro (Figura 5.4).
- Extraer con cuidado y evitar las pérdidas de aceite utilizando el tubo correcto.
- Se debe extraer el filtro y el o 'ring, limpiar el alojamiento y colocar el filtro y o 'ring nuevos. El código original es 1109CK.
- Enroscar con cuidado y apretar hasta hacer tope en los nervios de plástico laterales.



Fig. 5.4: Tapa del filtro de aceite..

Cambio del filtro de aire

Se deben seguir una serie de pasos:

- Extraer el bulón de diámetro 6 mm en la base del alojamiento del filtro.
- Aflojar la abrazadera de la entrada de admisión (Figura 5.5).
- Quitar el alojamiento apretando la traba amarilla de la manguera de venteo en el lado del filtro de aire (Figura 5.5).
- Sacar el alojamiento y aflojar los tornillos.
- Reemplazar el filtro y seguir el procedimiento en sentido inverso.

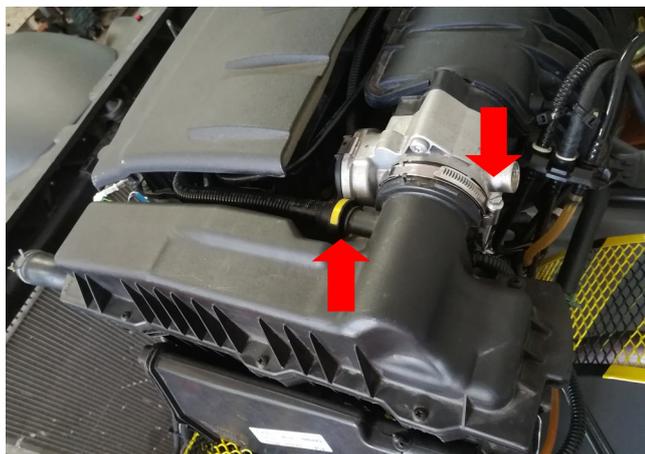


Fig. 5.5: Carcaza de filtro de aire.



Verificar las conexiones del filtro y estado de los cierres. Riesgo de ingreso de polvo al motor y deterioro prematuro.



El código original del filtro de aire es 1444VK.

Cambio del filtro de combustible

Para sustituir el filtro de combustible (figura 5.6) se debe seguir una serie de pasos:

- Desconectar la batería.
- El filtro se encuentra sobre el tanque de nafta, próximo a la bomba de nafta.
- Presionar las trabas de las cañerías de nafta y sacar los caños.
- Hacerlo correr por el arnés que lo sujeta al tanque.
- Hacer el procedimiento inverso para su instalación.
- Una vez instalado se debe poner en contacto y desconectar tres veces seguidas, hasta que se escucha el corte de la bomba de combustible, verificar la inexistencia de perdidas de carburante, por ultimo luego dar arranque.



Fig. 5.6: Filtro de carburante.



Verificar las conexiones del filtro y estado de las trabas de los caños. Riesgo de fugas de carburante e incendio.



El código original del filtro de combustible es 1567-C6.

Nivel del líquido refrigerante

El nivel de refrigerante se observa en el depósito que se encuentra sobre el torpedero. Si el nivel está por encima de la marca maxi o por debajo de la marca mini, no arranque el motor.

- Si se supera el nivel MAXI (riesgo de fugas de refrigerante por altas presiones) verificar la existencia de fluidos externos al refrigerante, de lo contrario extraer el fluido hasta el nivel MAXI.
- Si el nivel no llega a la marca MINI, agregar refrigerante hasta llegar dentro de los parámetros y verificar existencia de pérdidas.
- El refrigerante debe ser inorgánico con un máximo de 50% de concentración en agua destilada.



Fig. 5.7: Depósito de llenado refrigerante.

Sacar el tapón de líquido refrigerante cuando la temperatura del mismo sea la de ambiente. Riesgo de quemaduras.

existe peligro de derrame coloque de nuevo la manguera y desagote la bandeja para poder continuar.

- Cuando el circuito esté vacío, colocar una fina capa de grasa de litio en la parte interna de la manguera donde tiene contacto con la salida del radiador para evitar fugas
- Colocar la manguera y su abrazadera, verificando su correcta ubicación.
- Luego desenroscar el purgador ubicado en la base del termostato (Figura 5.8).
- Comenzar a llenar el circuito con el refrigerante nuevo. Con una concentración no mayor a 50 % diluido en agua destilada.
- Al salir refrigerante por el orificio del purgador enroscar el purgador en su lugar.
- Verter refrigerante en el depósito de agua hasta el nivel MAXI.
- Verificar que como mínimo ingresen 4 litros de refrigerante.
- Seguir el procedimiento de puesta en marcha y verificar continuamente que el nivel de refrigerante no baje del nivel MINI.
- Tener en cuenta que el motor puede almacenar aire en el circuito, por lo tanto es necesario que verifique el nivel una vez que se vuelve a enfriar el refrigerante.

Cambio del líquido refrigerante

Para reemplazar el refrigerante del motor se deben seguir la siguiente serie de pasos:

- La temperatura del líquido refrigerante debe ser igual a la ambiente.
- Aflojar el tapón del depósito (Figura 5.7).
- Para extraer el líquido refrigerante se debe conseguir un depósito de capacidad no menor a 4 litros, y que pueda acceder debajo de la manguera inferior del radiador.
- Deslizar la abrazadera de presión de la manguera inferior del lado radiador sin extraer la manguera.
- Comenzar a extraer la manguera lentamente hasta lograr un caudal controlable de líquido sobre la bandeja, si ésta se llena o



Fig. 5.8: Tapón purgador refrigerante.



Verificar que no quede aire en el circuito con el uso del purgador y su verificación con el volumen de líquido ingresado.

Revisiones y reemplazos

Los componentes que se necesitan reemplazar por mantenimiento son:

Componente	Periodo de cambio	Periodo de limpieza y/o control
Aceite motor	1 año	-
Filtro de aceite	1 año	-
Filtro de aire	2 años	1 año
Filtro de carburante	2 años	-
Refrigerante motor	5 años	-
Correa de distribución	5 años	-
Bujías	2 años	Controlar luz
Juntas homocinéticas	3 años	Engrasar con grasa grafitada.

Registro de mantenimiento

Fecha	Aceite	Filtro de Aceite	Filtro de aire	Filtro de combustible	Operario	Firma
Mar-19						
Mar-20						
Mar-21						
Mar-22						
Mar-23						
Mar-24						
Mar-25						
Mar-26						
Mar-27						
Mar-28						
Mar-29						
Mar-30						