

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



"Diseño de un banco de ensayos y documentación para su uso en homologación de reformas en vehículos M1"

TRABAJO FIN DE GRADO

Junio - 2022

AUTOR:	Mario Gómez Alonso
DIRECTOR/ES:	Fernando Verdú Bernabéu Miguel Sánchez Lozano

TFG: Diseño de un banco de ensayos y documentación para su uso en homologación de reformas en vehículos M1

DEDICATORIA

Dedicado a mi madre, que siempre me ha apoyado en todo lo que he hecho y no deja de trabajar, para que vivamos de la mejor forma posible.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a mis tutores, Fernando y Miguel, que me han guiado desde un principio en este proyecto, ayudando en todo lo que me ha hecho falta y teniendo paciencia con mis errores.

Una mención especial para Eugenio, técnico del laboratorio, que ha formado parte del montaje práctico del banco y sin el que no hubiese sido posible llevarlo a cabo.

TFG: Diseño de un banco de ensayos y documentación para su uso en homologación de reformas en vehículos M1

RESUMEN

Desarrollo de un ensayo de laboratorio que permita realizar la comparación del funcionamiento entre los diferentes filtros existentes en el mercado, y en particular de la pérdida de carga y depresión provocada en el colector aguas abajo del filtro. Se diseñará y construirá un banco de ensayos estándar que permita el ensayo de cualquier filtro de admisión de un vehículo categoría M1. Y finalmente se utilizará para hacer un análisis comparativo de una muestra de diferentes filtros de admisión de vehículos con motores de combustión.

Palabras clave: Banco de ensayos, reformas de vehículos, vehículo categoría M1, documentación técnica.

ABSTRACT

Development of a laboratory test that allows comparison of the operation between the different filters on the market, and in particular of the pressure drop and depression caused in the collector downstream of the filter. A standard test bench will be designed and built to allow the testing of any intake filter of a category M1 vehicle. And finally it will be used to make a comparative analysis of a sample of different intake filters of vehicles with combustion engines.

Key words: Test bench, vehicle reforms, category M1 vehicle, technical documentation.

ÍNDICE

1.-	MEMORIA.....	11
1.1.-	OBJETO.....	11
1.2.-	ALCANCE.....	11
1.3.-	ANTECEDENTES.....	12
1.4.-	INTRODUCCIÓN	12
1.5.-	LEGISLACIÓN APLICABLE	15
1.6.-	TÉCNICO QUE REDACTA EL PROYECTO	15
1.7.-	FENOMOLOGÍA DEL PROCESO DE ADMISIÓN DE COMBURENTE	15
1.7.1.-	CICLO DE CUATRO TIEMPOS DE UN MCIA	15
1.7.2.-	PROCESO DE RENOVACIÓN DE LA CARGA	16
1.7.3.-	RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO	17
1.7.4.-	PÉRDIDA DE CARGA	19
1.7.5.-	DENSIDAD DEL AIRE	21
1.7.6.-	PROCESO DE COMBUSTIÓN	21
1.7.7.-	MEZCLA RICA VS MEZCLA POBRE	23
1.8.-	TRABAJO PREVIO AL MONTAJE	25
1.8.1.-	CONSIDERACIONES PREVIAS EN EL DISEÑO DEL BANCO DE ENSAYOS	25
1.8.2.-	MEDICIONES EN UN MOTOR REAL Y COMPARACIÓN CON LO TEÓRICO	26
1.8.3.-	MATERIAL NECESARIO.....	30
1.9.-	BANCO DE ENSAYO.....	33
1.9.1.-	ELEMENTOS	33

1.9.2.-	MONTAJE	40
1.10.-	DIRECTRICES PARA LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO	42
1.11.-	EJEMPLO PRÁCTICO.....	44
1.12.-	CONCLUSIONES.....	47
2.-	PRESUPUESTO.....	48
3.-	DOCUMENTOS ANEXOS.....	49
3.1.-	BIBLIOGRAFÍA:.....	49
3.2.-	PLANOS:.....	49
3.3.-	PLANTILLA PARA EL INFORME DE ENSAYOS	51
3.4.-	EJEMPLO DE INFORME DE ENSAYOS	55

ÍNDICE DE FIGURAS/IMÁGENES

Ilustración 1-1. Fragmento del documento de coordinación de servicios técnicos de reformas	14
Ilustración 1-2. Diagrama del proceso de combustión en 4 tiempos	16
Ilustración 1-3. Pérdida de carga a través de un filtro	20
Ilustración 1-4. Diagrama de las diferentes mezclas.....	23
Ilustración 1-5. Tubería de PVC con adaptador para sonda	27
Ilustración 1-6. Sistema de admisión Fiat Panda	27
Ilustración 1-7. Adaptación de la tubería al sistema de admisión	28
Ilustración 1-8. Medición de velocidad del aire a 4000rpm.....	29
Ilustración 1-9. Montaje con aspiradora.....	32
Ilustración 1-10. Detalle del PIN de caudal y F, N.....	33
Ilustración 1-11. Ventilador Vent-Axia ACM 150.....	33
Ilustración 1-12. Adaptador para la sonda del anemómetro.....	34
Ilustración 1-13. Tubería de PVC para soportar los medidores.....	34
Ilustración 1-14. Anemómetro TESTO 440	35
Ilustración 1-15. Manómetro TESTO 520.....	36
Ilustración 1-16. Perfilera de aluminio.....	37
Ilustración 1-17. Tornillería y abrazaderas.....	37
Ilustración 1-18. Filtro de referencia (FR), cónico rojo	38
Ilustración 1-19. Filtro N° 4.....	38
Ilustración 1-20. Filtro N° 3.....	38
Ilustración 1-21. Válvula de paso.....	39
Ilustración 1-22. Adaptador del Filtro de Referencia.....	39

TFG: Diseño de un banco de ensayos y documentación para su uso en homologación de reformas en vehículos M1

Ilustración 1-23. Montaje del banco (Paso 4to)	41
Ilustración 1-24. Banco de ensayo acabado	42
Ilustración 1-25. Montaje del banco para ensayar el filtro de referencia	44
Ilustración 1-26. Montaje del banco para ensayar el filtro N°1.....	44
Ilustración 1-27. Montaje del banco para ensayar el filtro N°2.....	45
Ilustración 1-28. Montaje del banco para ensayar el filtro N°3.....	45
Ilustración 1-29. Montaje del banco para ensayar el filtro N°4.....	46

ÍNDICE DE TABLAS Y PLANOS

Tabla 1. Resumen de las diferencias con una mezcla estequiométrica.....	24
Tabla 2. Caudales tomados en un motor real	30
Tabla 3. Toma de datos para el experimento en el laboratorio.	46
Plano 1. Adaptador para el filtro de referencia	53
Plano 2. Plano de explosión del banco de ensayos	54

1.- MEMORIA

1.1.- OBJETO

El objeto del presente trabajo final de grado es desarrollar un banco de ensayos tipo, para probar los distintos sistemas de admisión existentes y permitir la legalización de la reforma en un vehículo de categoría M1 en el que se haya sustituido el filtro de aire, comparando la depresión en el colector de admisión medida con el filtro original y el modificado.

Los objetivos específicos del trabajo final de grado son:

- Demostrar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y su uso para la creación de un proyecto final que permita terminar el grado.
- Desarrollar unas pautas para la construcción de un banco de ensayos que nos permita medir la diferencia de presión entre la entrada y la salida de un filtro de aire en vehículos categoría M1.
- Creación de un modelo de documentación tipo, que siga la normativa vigente en la materia, que incluya una hoja de toma de datos, y nos permita elaborar un acta e informe de ensayos.

1.2.- ALCANCE

El propósito de este proyecto es el diseño y construcción de un banco de trabajo que permita comparar las pérdidas de carga que generan diferentes configuraciones de filtros, así como la modelización de unas pautas para realizar el ensayo y su posterior informe, dando "**APTO**" o "**NO APTO**" a la legalización de diferentes conjuntos de admisión dependiendo de que la diferencia en la pérdida de carga obtenida, respecto al original, se mantenga o no dentro de unos márgenes admisibles definidos a tal efecto.

1.3.- ANTECEDENTES

Hay numerosas reformas que se pueden realizar sobre los vehículos y una de ellas es la que afecta al sistema de admisión del comburente, es decir, al sistema de admisión del aire al motor. Es habitual que se quieran realizar cambios sobre este sistema sustituyendo el filtro de aire original por otro de diferentes características que se supone mejoran las condiciones de admisión.

Son muchas las consultas que le llegan al servicio técnico LAVEL (empresa spin-off de la UMH) sobre la sustitución de estos filtros y sobre la posible legalización de estos. Según los criterios actuales, el servicio técnico está emitiendo informes de conformidad para la legalización de la sustitución de filtros en motocicletas homologadas con anterioridad a 2016, pero no en motocicletas más modernas ni en vehículos tipo turismo de la categoría M1, para los que la reglamentación de emisiones es más estricta. Este TFG nace como respuesta a esta diferencia de tratamiento, para poder analizar los efectos y, en su caso, autorizar también la sustitución de filtros en motocicletas modernas y vehículos tipo turismo.

1.4.- INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios a finales del siglo XIX y tras una rápida evolución, los vehículos motorizados se han convertido, hoy en día, en uno de los elementos más presentes en nuestras vidas. Su práctico uso para el transporte de personas hace que casi todas las familias posean uno o más y su gran capacidad para transportar equipos y cargas pesadas los convierten en herramientas indispensables para muchas tareas. Los vehículos se clasifican según su uso, masa, cargas que pueden transportar, etc, pero los más comunes son los de categoría "M1", también conocidos como vehículos convencionales, destinados al transporte de personas y su equipaje.

Sin embargo, su uso está muy controlado. Para que cualquier vehículo pueda circular legalmente ha de cumplir con una serie de normativas, que regulan el diseño y repercusión que tienen estos vehículos al salir de fábrica, ya que afectan tanto al medio ambiente como a la seguridad de las personas. Estas normativas

promovidas desde la comisión europea son presentadas en proyectos con nuevas leyes, que, de ser aceptadas, serán de cumplimiento obligatorio para todos los vehículos afectados que fuesen a ser producidos en territorio europeo.

Siendo tan populares y variadas las necesidades a las que se enfrentan los vehículos puede ocurrir que las características que estos tienen al salir de fábrica no cumplan los criterios que buscamos para realizar alguna tarea. Entonces, nos surgen algunas dudas ¿Podemos modificarlos? ¿Qué ocurre si lo hacemos? ¿Siguen cumpliendo con las normas para poder circular? Si bien es cierto que no todo el mundo modifica sus automóviles, existe la posibilidad de hacerlo siempre que las modificaciones que realizamos sigan cumpliendo con la normativa. Por eso se necesitan pruebas y ensayos para asegurar que siguen siendo seguros y respetuosos con el medio ambiente.

Como hemos dicho en el apartado anterior, existen todo tipo de modificaciones que se pueden realizar a los vehículos dependiendo de la parte a la que nos refiramos o sistema sobre el que actuemos. Para este trabajo, y siguiendo el **manual de reformas**, nos centraremos en la sección I. VEHÍCULOS DE LAS CATEGORÍAS M, N Y O. Grupo 2. Unidad motriz. Apartado 2.1 *Modificación de las características o sustitución de los elementos del sistema de admisión del comburente*. Este apartado afecta al sistema de admisión.

El sistema de admisión de un vehículo se encarga de introducir aire del exterior a través de un conducto, filtrarlo para eliminar cuerpos dañinos y conducir este aire de la manera más eficiente posible al motor.

Un cambio en la admisión del vehículo modifica la entrada de aire al motor y ello la relación combustible-comburente de la mezcla. El resultado es una variación en la potencia del motor y en las emisiones de gases y partículas al exterior. Es por esto por lo que existe la normativa de emisiones, siendo la Euro 6 la vigente hoy en día, que determina la cantidad máxima de los distintos elementos residuales que se pueden emitir a la atmósfera como resultado del proceso de combustión. Sin embargo, un ensayo que permita conocer estos datos, para la homologación de un cambio en la admisión pueden resultar muy costoso. Por

eso, el servicio técnico LAVEL busca poder realizar una prueba que permita tener una idea previa sobre la validez de un posible cambio en el sistema de admisión.

Para ello, este TFG se basa en un texto interno de "Coordinación de Servicios Técnicos de Reformas" distribuido en su día por el Ministerio de Industria para armonizar los criterios seguidos por los diferentes laboratorios para la legalización de determinado tipo de reformas. Este documento marca unos criterios que, de cumplirse, se pueden evitar la realización de ciertos ensayos para la legalización de algunas reformas, como es el caso de los cambios en los sistemas de admisión de comburente.

Según el apartado 2.1 "Modificaciones de las características o sustituciones de los elementos del sistema de admisión del comburente".

2.1. Modificación de las características o sustitución de los elementos del sistema de admisión del comburente												
Sistema afectado	Referencia Acto Reglamentario	M1	M2	M3	N1	N2	N3	O1	O2	O3	O4	Exigencias
Nivel sonoro admisible	70/157/CEE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	X	x	x	X	- Ensayo del nivel sonoro con vehículo parado, si el valor obtenido no resulta superior al valor del motor origen, no será necesario la realización del ensayo dinámico pass-by. Si el valor obtenido es superior al valor del motor origen, ensayo dinámico pass-by (Tolerancia + 3 dB(A)). En el caso de instalación de un snorkel (toma de aire elevada), no será necesaria la realización de ensayos de nivel sonoro siempre que se garantice que se respeta la admisión original del vehículo.
Emissiones	70/220/CEE	(2)	(2)	-	(2)	(2)	-	x	x	x	X	- Ensayo del valor de depresión de admisión. Si el valor obtenido es superior en más de 0,5 KPa, se realizará ensayo Tipo I. Si no, se considera equivalente. - En caso de incorporación o sustitución del sistema de alimentación/admisión, se realizará ensayo Tipo I. En caso de instalación de un snorkel (toma de aire elevada), no se realizarán ensayos de emisiones siempre que se garantice que se respeta la admisión original del vehículo y con el mismo o superior sección del tubo (snorkel) que el existente de la entrada del filtro de admisión original del vehículo.

- Ensayo del valor de depresión de admisión. Si el valor obtenido es superior en más de 0,5 KPa, se realizará ensayo Tipo I. Si no, se considera equivalente.

Ilustración 1-1. Fragmento del documento de coordinación de servicios técnicos de reformas

Esto quiere decir que, se consideran equivalentes dos sistemas de admisión, si la diferencia de presión entre ambos sistemas no es superior a 0,5kPa ≈ 5mbar. Esta es la parte clave del trabajo ya que, si conseguimos demostrar que no existe esa diferencia entre dos sistemas de admisión, podremos omitir la necesidad de realizar el ensayo Tipo I del que se habla en el documento, el cual verifica el promedio de emisiones de escape en condiciones ambientales. De esta manera, después de diseñar el banco, montarlo y crear la documentación para este ensayo, podremos realizar ensayos sobre distintos filtros y llegar a una conclusión "APTO" o "NO APTO", según el criterio mencionado anteriormente.

1.5.- LEGISLACIÓN APLICABLE

Para este trabajo tendremos en cuenta:

- Manual de reformas de vehículos REVISIÓN 6ª – Corrección 1 (Mayo 2020).
- Documento de Coordinación de Servicios Técnicos de Reformas, RD 866/2010.
- Reglamento (CE) nº 692/2008.

1.6.- TÉCNICO QUE REDACTA EL PROYECTO

El técnico que redacta el proyecto es el alumno del grado de Ing. Mecánica; Mario Gómez Alonso.

1.7.- FENOMENOLOGÍA DEL PROCESO DE ADMISIÓN DE COMBURENTE

Para que un motor de combustión interna alternativo (MCIA) funcione de manera correcta y eficiente, se requieren de muchos mecanismos y procesos trabajando conjuntamente para sacar el mayor rendimiento y potencia posible del combustible. Por ello, es importante conocer los siguientes conceptos para entender por qué es necesario una regulación sobre una posible modificación en el sistema de admisión, sus consecuencias y efectos que se tienen en cuenta en el momento de realizar una modificación de este tipo.

1.7.1.- CICLO DE CUATRO TIEMPOS DE UN MCIA

Un MCIA de 4 tiempos funciona dividiendo su ciclo de trabajo en 4 etapas.

Admisión: Proceso en el que el pistón baja hasta su punto muerto inferior (PMI) mientras se abre la válvula de admisión y entra la mezcla de aire-combustible (caso de la inyección indirecta) del colector de admisión al cilindro.

Compresión: En la compresión la válvula de admisión se cierra y el pistón inicia su carrera hasta su punto muerto superior (PMS), donde se alcanza la mayor compresión de la mezcla de aire-combustible.

Expansión: En motores de encendido provocado (MEC), cuando el pistón se encuentra en su PMS con ambas válvulas cerradas, la bujía genera una chispa que incendia la mezcla, forzando al pistón a viajar hacia abajo.

Escape: Para finalizar el ciclo, cuando el pistón ha alcanzado el PMI, la válvula de escape se abre y el pistón comienza a subir, expulsando los gases a través del colector de escape.

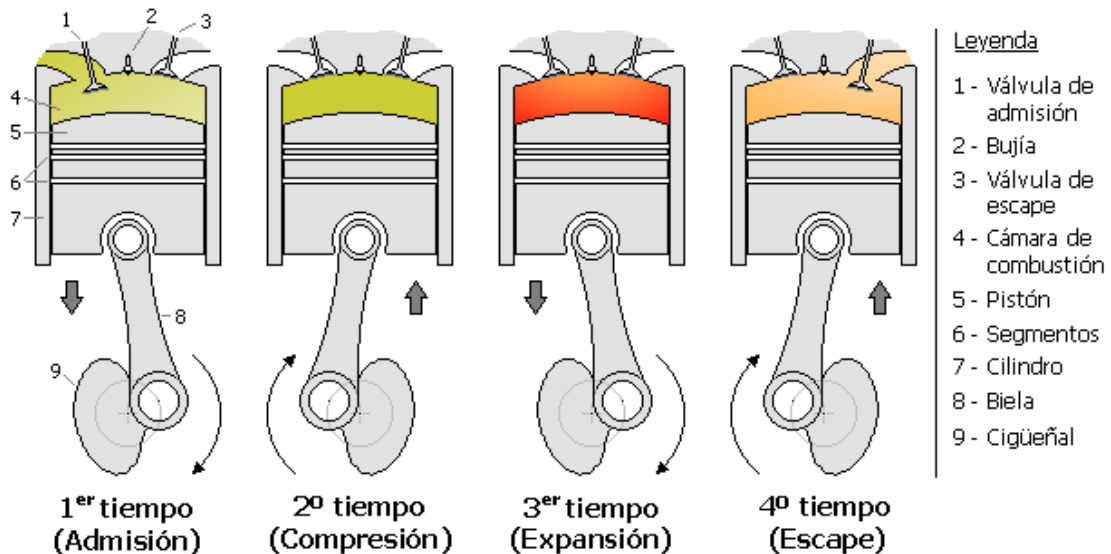


Ilustración 1-2. Diagrama del proceso de combustión en 4 tiempos

1.7.2.- PROCESO DE RENOVACIÓN DE LA CARGA

Para este trabajo nos centraremos en el proceso de admisión, el cual intentaremos estudiar para poder diseñar el banco de ensayos de la mejor manera posible. Por ello nos fijamos en el proceso de renovación de la carga (PRC), el cual abarca la evacuación de los gases residuales del ciclo anterior y el reemplazamiento con una carga nueva para ser quemada en el ciclo siguiente. Su influencia en las prestaciones del motor es notable, ya que afecta a la potencia, rendimiento, contaminación y ruidos.

En este proceso se tienen en cuenta numerosos efectos; rozamientos, compresibilidad del flujo, transmisión del calor, etc, y para el que se han definido varios coeficientes, en nuestro caso el rendimiento volumétrico es el que más nos afecta.

1.7.3.- RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO

El rendimiento volumétrico intenta definir la calidad del sistema de introducción del fluido en el motor, dicho de otra manera, el sistema de admisión. Este rendimiento proporciona una relación entre la masa de aire que podría entrar al cilindro y la que entra realmente.

$$\eta_V = \frac{G_m}{V_T \cdot n \cdot i \cdot \rho_{im}}$$

Siendo:

G_m = Masa de carga (aire y combustible) por unidad de tiempo (kg/s).

V_T = Cilindrada total (m³).

n = Régimen de giro (rev/s).

i = 0,5 si es un motor de 4 tiempos, 1 si es motor de 2 tiempos.

ρ_{im} = Densidad de referencia (kg/m³).

Sin embargo, como es complicado conocer la masa de carga y la densidad de referencia, se suele deferir el rendimiento volumétrico al gasto de aire que es más fácil de medir y cuya densidad se puede estimar con mayor precisión.

$$\eta_V = \frac{G_a}{V_T \cdot n \cdot i \cdot \rho_{ia}} \cdot \xi \rightarrow \xi \approx 1 \rightarrow \eta_V = \frac{G_a}{V_T \cdot n \cdot i \cdot \rho_{ia}}$$

Donde:

G_a = Masa de aire por unidad de tiempo (kg/s).

V_T = Cilindrada total (m³).

n = Régimen de giro (rev/s).

i = 0,5 si es un motor de 4 tiempos, 1 si es motor de 2 tiempos.

ρ_{ia} = Densidad del aire seco en condiciones de referencia (kg/m³).

ξ = factor de humedad y presencia de combustible que en condiciones habituales se aproxima a la unidad.

De esta ecuación podemos sacar la conclusión de que, un aumento en el flujo másico de aire va a hacer que nuestro rendimiento volumétrico mejore.

TFG: NOMBRE TFG

Y sabiendo que la potencia máxima que podemos obtener de un motor está limitada por el aire que introducimos en los cilindros.

$$Ne = F \cdot G_a \cdot H_c \cdot \eta_e$$

Siendo:

Ne = Potencia efectiva que puede desarrollar un motor.

F = Dosado (relación combustible-aire)

G_a = Masa de combustible por unidad de tiempo.

H_c = Potencia calorífica del combustible a presión constante.

η_e = Rendimiento efectivo del motor.

Despejando G_a de la ecuación del rendimiento volumétrico tenemos que:

$$Ne = F \cdot \eta_v \cdot V_T \cdot n \cdot i \cdot \rho_{ia} \cdot H_c \cdot \eta_e$$

De lo que podemos deducir que, si mejoramos el rendimiento volumétrico, apreciaremos un incremento en la potencia efectiva del motor.

Sin embargo, como mencionábamos antes, uno de los efectos que tiene en cuenta el rendimiento volumétrico es el rozamiento, el cual afectará negativamente, ya que la geometría de todo el sistema de admisión va a producir unas pérdidas de cargas que se han de tener en cuenta en el diseño de este sistema para evitar perdidas de rendimiento. En especial, las válvulas de admisión y escape, que son los lugares en los que la sección de paso es más estrecha y por lo tanto hay mayor velocidad de paso del fluido, van a ser las que mayor efecto tengan en la geometría del sistema de admisión.

1.7.4.- PÉRDIDA DE CARGA

Llamamos "perdida de carga" a la energía mecánica que pierde el fluido a lo largo de un recorrido por fricción con los elementos con los que se encuentra o las paredes que lo rodean.

$$y_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = y_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \Sigma\lambda$$

Donde:

ρ = Densidad del fluido (kg/m³).

g = Aceleración de la gravedad (m/s²).

y = Altura geométrica en la dirección de la gravedad de la sección (m).

P = Presión a lo largo de la línea de corriente (Kg/m·s²).

v = Velocidad del fluido (m/s).

$\Sigma\lambda$ = Pérdida de carga total a lo largo de la línea de corriente (m).

Como vemos en la fórmula anterior, una aplicación del principio de *Bernoulli*, si elegimos 2 puntos separados en un conducto cerrado, la energía mecánica del fluido se mantiene constante y su variación se puede contabilizar en el término de la pérdida de carga.

En nuestro caso, la zona de admisión de asemeja a una tubería ya que es un conducto cerrado por el circula un fluido y por eso la pérdida de carga cobra importancia en el sistema de admisión, como mencionábamos en el punto anterior, tiene gran efecto en el rendimiento volumétrico.

Es por ello por lo que, si la altura geométrica de nuestra medición se mantiene constante y podemos conocer la variación de velocidad, veremos una disminución en la presión a la salida del filtro, fruto de la fricción del fluido con la geometría del conducto por el que discurre el fluido y los elementos con los que se va encontrando.

$$y_1 = y_2$$

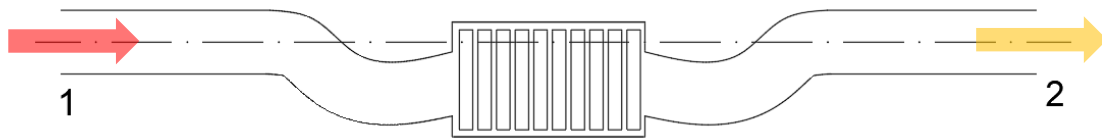


Ilustración 1-3. Pérdida de carga a través de un filtro

También hay que puntualizar que la pérdida de carga varía con caudal, como se ve en la ecuación de *Darcy-Weisbach*:

$$hf = f \cdot \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{L}{g} \cdot \frac{Q^2}{D^5}$$

Siendo:

Q = Caudal del fluido de paso (m^3/s).

hf = Pérdida de carga debida a la fricción (m).

f = Factor de fricción de Darcy (adim.).

L = Longitud de la tubería (m).

D = Diámetro de la tubería (m).

Debido a esto, cuando realicemos el montaje real y tengamos que tomar medidas, tendremos que asegurar un mismo caudal en todos los sistemas de admisión que vayamos a probar, ya que como vemos en la fórmula, variar el caudal afectará a la pérdida de carga y las medidas que tomemos de diferencia de presión variarán entre filtros. Por este motivo, regularemos el caudal de aire para que todas las mediciones se hagan en las mismas condiciones y poder asegurar que los resultados son comparables entre sí.

1.7.5.- DENSIDAD DEL AIRE

Durante la introducción mencionábamos que modificar el sistema de admisión influye en la mezcla de se produce en el cilindro. Esto es debido a que la pérdida de carga del sistema de admisión interfiere en el paso del aire. Sin embargo, un cilindro aspira el mismo volumen de aire independientemente del filtro o caja que cambiemos. Lo que ocurre es que la densidad del aire varía, ya que tenemos un mismo volumen, pero distinto flujo másico.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ρ = Densidad (kg/m³).

m = Masa (kg).

V = Volumen (m³).

Es por esto por lo que un aumento en la pérdida de carga hará que el flujo másico que llega al cilindro sea inferior al que llegaría normalmente. De la misma manera que una reducción en esta pérdida de carga hará que nos llegue una mezcla más densa. Esto implica un aumento en la cantidad de O₂ y por lo tanto una diferencia en el proceso de combustión que ocurre en los cilindros.

Pero, como se ha dicho, el caudal volumétrico de aire aspirado viene fijado por la cilindrada y la velocidad de giro del motor, de manera que para comparar en nuestro ensayo la depresión obtenida con diferentes filtros a igualdad de régimen de giro de un motor determinado, debe asegurarse que el caudal de aire es el mismo.

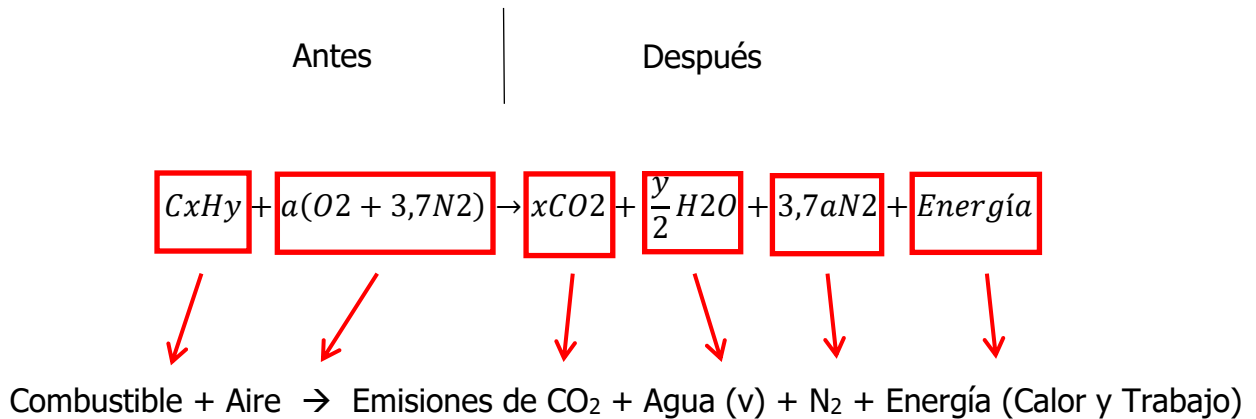
1.7.6.- PROCESO DE COMBUSTIÓN

Dentro de los cilindros de un motor ocurre lo que llamamos "combustión", que es una reacción química en la que un elemento combustible se combina con otro comburente (normalmente O₂ en forma de gas) para producir energía y elementos de residuo. Es una reacción exotérmica que libera mucho calor.

En este caso el combustible puede ser gasolina o gasóleo y el comburente será el O₂ presente en el aire que entra al motor a través del sistema de admisión.

El aire se compone en su mayoría de N₂ (78%), O₂ (21%) y gases inertes como el argón (1%)

De una manera simplificada, la forma en la que representamos esta reacción es la siguiente.



Donde vemos que, el combustible se mezcla con el O₂ del aire para dar lugar a compuestos residuales y energía en forma de trabajo, que se emplea en hacer rotar el cigüeñal y calor que eleva las temperaturas.

Sin embargo, en la realidad, las emisiones son más variadas y podemos encontrar:

Óxidos de nitrógeno (NO_x):

Debido a las grandes temperaturas y presiones que se alcanzan en los cilindros del motor, las emisiones también incluyen óxidos de nitrógeno (NO_x), gases muy peligrosos para la salud, que se producen cuando el exceso de aire de la mezcla no se consume.

Monóxido de carbono (CO):

El CO se trata de un gas residual tóxico y asfixiante, que aparece con la escasez de O₂, ya que este oxida el compuesto y lo transforma en CO₂

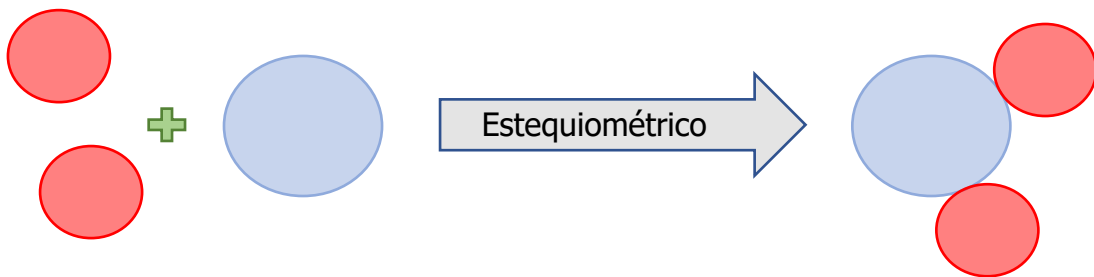
Hidrocarburos HC:

Los hidrocarburos se producen con combustiones de mezcla muy rica o muy pobre, o por enfriamiento en zonas frías. Se trata de combustible que después de la combustión se queda sin quemar y se expulsa al exterior.

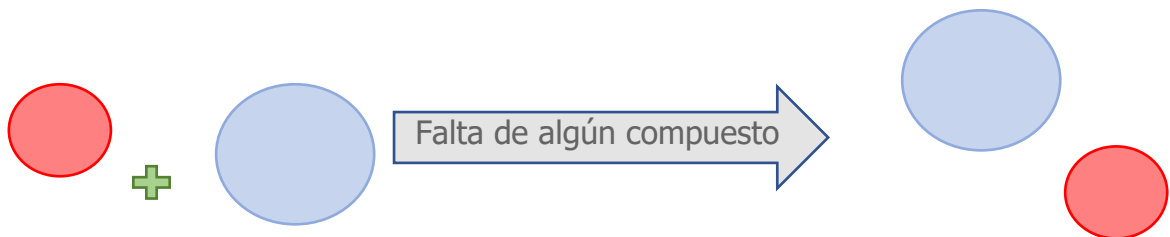
1.7.7.- MEZCLA RICA VS MEZCLA POBRE

Consideramos que una mezcla sigue una relación estequiometría cuando al mezclar sus componentes estos se mezclan en su totalidad, sin que falte o sobre de alguno de los compuestos. El factor lambda de una mezcla es el que nos dice cuan de alejados estamos de una relación estequiométrica, siendo $\lambda=1$ la relación justa.

Mezcla estequiométrica ($\lambda=1$)



Mezcla con un déficit ($\lambda < 1$)



Mezcla con exceso ($\lambda > 1$)

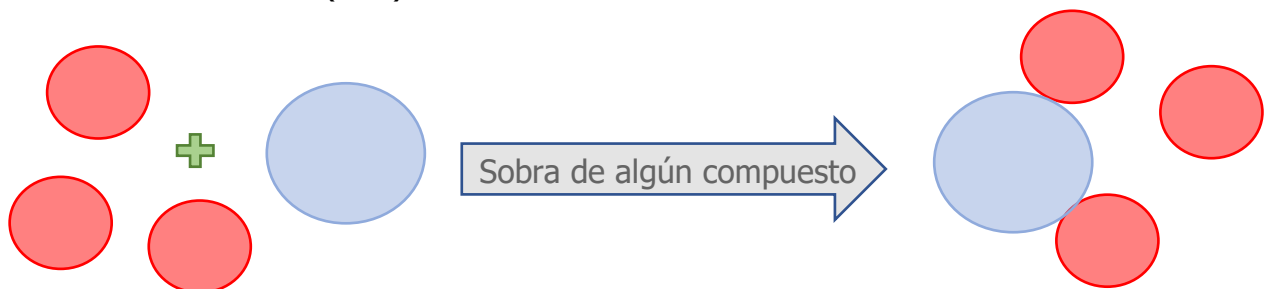


Ilustración1-4. Diagrama de los tipos de mezcla

Definimos una mezcla "rica" en combustible, como aquella en la que la relación aire/combustible es menor a la estequiométrica (factor $\lambda < 1$). Mientras que una relación aire/combustible superior a la estequiometria (facto $\lambda > 1$) se considera una mezcla "pobre" en combustible.

Suponiendo que no cambiamos la cantidad de combustible que inyectamos al motor y teniendo en cuenta solo la variación en el aire ocasionada por una posible modificación en el sistema de admisión, si comparamos una mezcla rica y una pobre con una estequiométrica podemos sacar las siguientes relaciones.

Mezcla	Rica	Pobre
Consumo	=	=
Potencia	↓	↑
Monóxido de carbono	↑	↓
Dióxido de carbono	=	=
Óxidos de nitrógeno	↓	↑
Hidrocarburos	↑	↓

Tabla 1. Resumen de las diferencias con una mezcla estequiométrica

- El consumo y las emisiones de dióxido de carbono permanecen inmutables si mantenemos el mismo patrón de inyección de combustible.
- Una mezcla pobre implica mayor combustible quemado, por lo que tendremos más potencia, pero al aumentar el exceso de aire provocamos la aparición de más NOx. Sin embargo, al quemar la totalidad de combustible reducimos los hidrocarburos emitidos y gracias al exceso de O₂ podemos asegurarnos de producir menos CO

- Una mezcla rica utilizará combustible que no se quema debido a la escasez de O_2 , por lo que habrá más monóxido de carbono, pero no tantos óxidos de nitrógeno. En cambio, estaremos emitiendo una carga de hidrocarburos al ambiente y veremos reducida la potencia.

Si bien a nivel de ensayos, el mantener un patrón de inyección de combustible invariable supone que se consume el mismo combustible, en la realidad al no tener tanta potencia, un conductor tenderá a pisar más el acelerador para suplir este déficit, con lo que, a lo largo de una conducción prolongada, sí se consumirá más combustible, con todas las emisiones que ello conlleva.

1.8.- TRABAJO PREVIO AL MONTAJE

1.8.1.- CONSIDERACIONES PREVIAS EN EL DISEÑO DEL BANCO DE ENSAYOS

Para lo que a nosotros nos afecta, un MCIA trabaja como una bomba volumétrica, lo que quiere decir que siempre aspira el mismo volumen de aire, equivalente a su número de cilindros y a las revoluciones a las que trabaje. Esto ocurre durante el proceso de "admisión", donde el pistón viaja hacia abajo, creando un vacío que se llena con el aire que entra por el sistema de admisión.

En un motor de 4 tiempos y 4 cilindros tenemos una admisión cada media vuelta de cigüeñal, lo que quiere decir que aspiraremos el volumen total del motor cada 2 vueltas de cigüeñal. Esto es importante porque en cada momento solo un cilindro se encarga de aspirar el volumen de aire que circula por el filtro.

Teniendo esto en cuenta, antes de comenzar con el diseño del banco de ensayo es necesario obtener un valor del caudal con el que trabajaremos, ya que necesitamos conocer un orden de magnitud para poder buscar un ventilador. Con esta situación en mente, se decidió realizar unos cálculos teóricos y compararlos con unos datos empíricos.

1.8.2.- MEDICIONES EN UN MOTOR REAL Y COMPARACIÓN CON LO TEÓRICO

Teóricamente, un motor de una determinada cilindrada a unas revoluciones dadas aspira un caudal que podemos calcular de la siguiente manera.

$$Q_{asp} = i * \frac{n}{60} * \frac{V}{Z}$$

Donde:

Q_{asp} = Caudal de aspiración teórico (m³/s).

n = Revoluciones del motor (rpm).

V = Cilindrada del motor (m³).

i = 0,5 para motores de 4 tiempos, 1 para motores de 2 tiempos.

Z = Número de cilindros por motor.

Gracias a Fernando Verdú, que nos prestó su vehículo para realizar unas pruebas fuimos capaces de tomar unas medidas empíricas que nos ayudarían a determinar el caudal de trabajo para seleccionar un ventilador. El vehículo en cuestión se trata de un FIAT PANDA 4x4 del año 1991, que lleva instalado un motor de combustión interna alternativo FIAT de 1.200 cm³, de 4 tiempos y 4 cilindros.

Los pasos seguidos para realizar las mediciones empíricas sobre el mencionado vehículo fueron los siguientes:

Lo primero que hicimos fue adaptar una tubería de PVC de 68,5mm de diámetro interior para colocar la sonda del medidor de velocidad y poder conectarlo a la tubería de entrada al colector de admisión del motor.



Ilustración 1-5. Tubería de PVC con adaptador para sonda

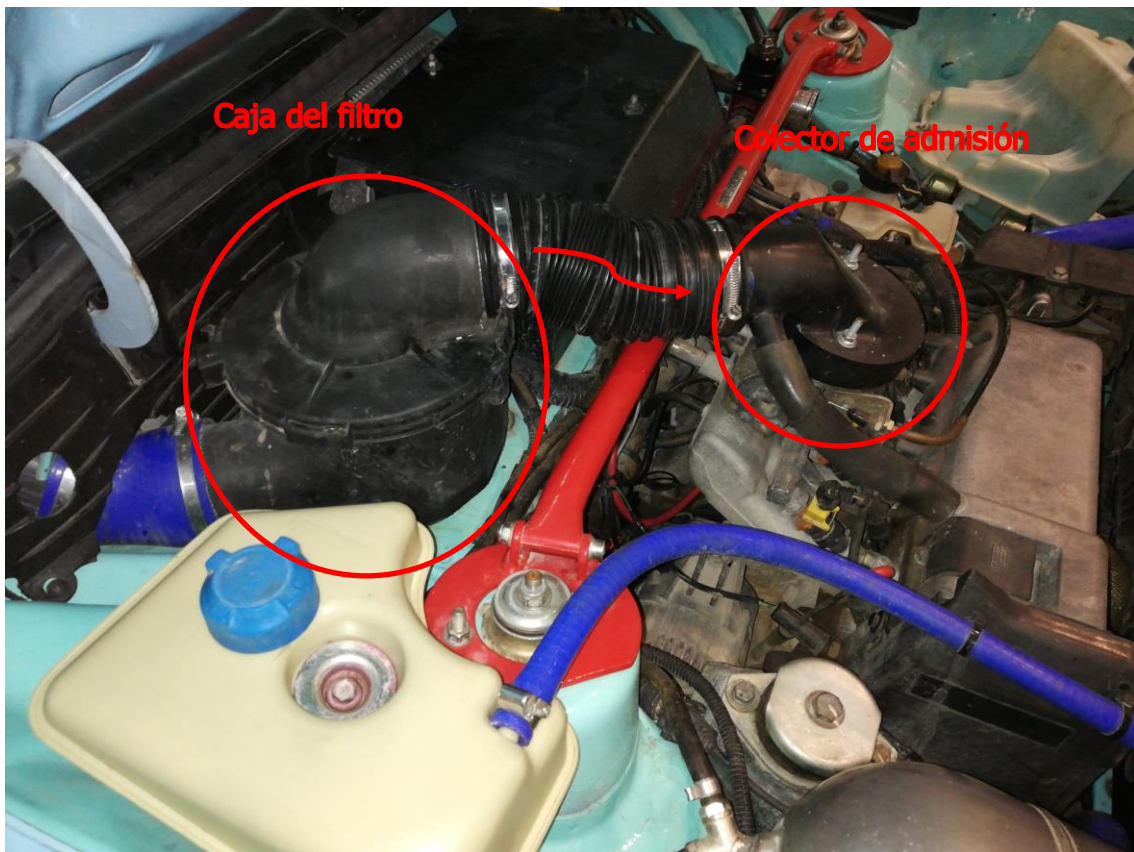


Ilustración 1-6. Sistema de admisión Fiat Panda

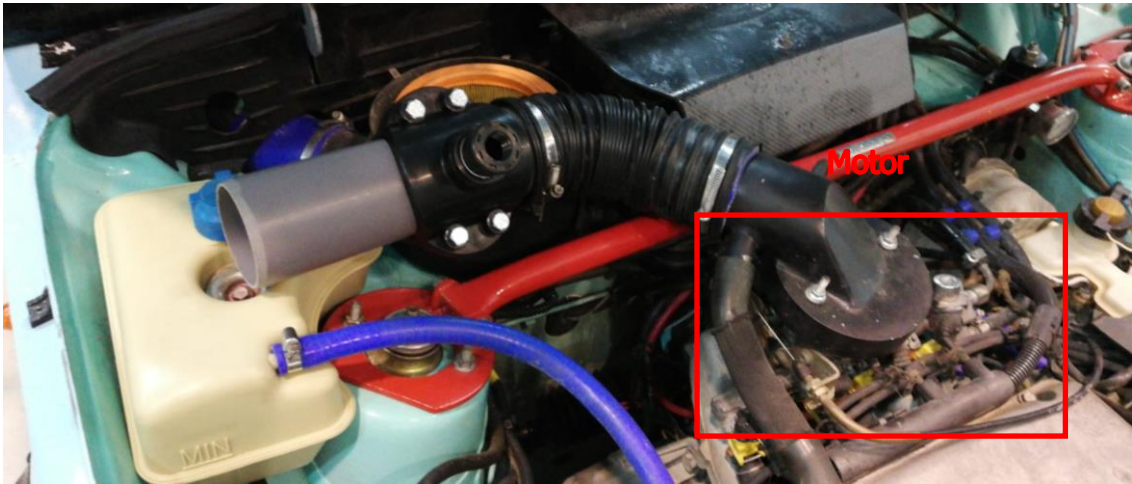


Ilustración 1-7. Adaptación de la tubería al sistema de admisión

Después, para obtener los datos que necesitamos, realizamos mediciones a distintas revoluciones, de esta manera anotamos la velocidad de paso del aire por la tubería y podemos, a posteriori, conocer los caudales de trabajo del vehículo en cada escalón.

Este proceso se llevó a cabo en el exterior, intentando mantener un régimen de giro estable para que el sensor se estabilizase y así recoger los datos. Se tomaron varias medidas en escalos de 1000rpm, comenzando por el ralenti del vehículo y escalando a hasta las 4000rpm.



Ilustración 1-8. Medición de velocidad del aire a 4000rpm

Para saber que caudal entra al motor en cada momento mediremos la sección de la tubería y obtendremos el área de paso.

$$A_{sec} = \pi \cdot r^2$$

Siendo el diámetro de la sección de 68,5mm.

$$A_{sec} = 0,0037m^2$$

Para calcular el caudal de paso (Q) multiplicamos la velocidad del fluido por la sección.

$$Q = A_{sec} \cdot v$$

<i>rpm</i>	1000	2000	3000	4000
<i>Vel (m/s)</i>	0,62	1,3	2	2,5
<i>Q_{real}(m³/s)</i>	0,0023	0,0048	0,0074	0,00925
<i>Q_{teor.}(m³/s)</i>	0,0025	0,005	0,0075	0,01

Tabla 2. Caudales tomados en un motor real

De esta manera, obtenemos una tabla que relaciona la velocidad de paso del aire a unas revoluciones dadas.

Usando la formula descrita anteriormente para obtener el Q_{asp} teórico.

$$Q_{asp} = i * \frac{n}{60} * \frac{V}{Z} = 0,5 * \frac{4000}{60} * \frac{1200 * 10^{-6}}{4} = 0,01 \frac{m^3}{s} = 10 \text{ l/s}$$

Vemos que tenemos un dato muy similar, por lo que utilizaremos el valor de 10l/s para buscar un ventilador con esa capacidad que poder usar en nuestro banco de ensayos.

1.8.3.- MATERIAL NECESARIO

Cuando comenzamos las reuniones de este trabajo no teníamos una idea clara de cómo íbamos diseñar el banco de ensayos. ¿Queríamos un montaje donde se aspirase el fluido o donde se impulsase a través de los elementos del banco? ¿Ocuparía un espacio fijo en el laboratorio o sería móvil? ¿Cómo tomaremos las medidas que buscamos? Tras algunas reuniones proponiendo ideas, llegamos a la conclusión de que intentaríamos imitar en lo posible el funcionamiento real de un motor en marcha, por lo que se optó por aspirar el aire en vez de impulsarlo a través del filtro. Trataríamos de construir un banco móvil y con una geometría que nos permitiese adaptar una gran cantidad de filtros. Para empezar a trabajar en un prototipo necesitábamos los siguientes elementos.

- Filtros para poder realizar mediciones
- Bomba de aspiración
- Sensores de velocidad y presión

Filtros de muestra para los ensayos.

Por este motivo, comenzamos por visitar un centro de descontaminación de vehículos, del cual se consiguieron cajas con sus respectivos filtros para tener material sobre el que realizar las pruebas. También se visitó un taller en el que se realizan modificaciones de vehículos para conseguir algunos filtros nuevos y que se usen a menudo en reformas para tener una referencia real.

Una vez llevados al laboratorio se procedió a su limpieza y evaluación, ya que algunos tenían desperfectos que pudieron ser reparados asegurando su estanqueidad para poder empezar a trabajar con ellos. Se lavaron las cajas eliminando restos de cuerpos que había en el interior y con una pistola de aire comprimido se dio una pasada a todos los filtros usados, para intentar que quedasen con la menor obstrucción posible.

Bomba de aspiración

El siguiente paso era comenzar por comprobar si éramos capaces de tomar medidas de presión y velocidad con los instrumentos que teníamos en el laboratorio, por lo que realizamos unas pruebas con una aspiradora Bosch GL-20 de 2,2kW de succión, la cual actuaría como bomba de aspiración por el momento.

El proceso consistía en conectar una tubería de PVC, donde se colocaban los sensores, al extremo libre de la aspiradora y el otro extremo de la tubería se introducía en la boca de la caja del filtro y se sellaba para que no hubiese ninguna fuga de caudal. Posteriormente enchufábamos la aspiradora y anotábamos las medidas para compararlas. Rápidamente nos dimos cuenta de que necesitaríamos una válvula para regular el caudal, la cual decimos introducir más tarde, en el montaje final.

Sensores de velocidad y presión

Mediremos la diferencia de presión con manómetro Testo 440. Un aparato con una sensibilidad de 2 cifras decimales que nos permite medir la diferencia de presión entre 2 puntos y darnos un valor en mbar. Se le puede acoplar un tubo flexible que puede ir conectado a una tubería de medición.

TFG: NOMBRE TFG

Y la velocidad del fluido con anemómetro Testo 520 y una sonda con una veleta para medir el flujo del aire.

De esta manera podemos comprobar qué pérdida de carga sufre el fluido al pasar por la caja y el filtro y tener una medida para comparar los distintos filtros.



Ilustración 1-9. Montaje inicial con aspiradora

Una vez decidida la velocidad de trabajo, utilizando el regulador de la aspiradora, se toman medidas de presión a misma velocidad en todos los filtros. Esto se hace para asegurar que el caudal no varíe, ya que, en una situación real, a unas revoluciones fijas, un motor no varía su caudal volumétrico.

$$Q = A \cdot v$$

Q = Caudal de flujo (m^3/s)

A = Área de la sección transversal del conducto (m^2)

v = Velocidad del fluido (m/s)

El problema con el que nos encontramos es que el caudal que nos daban las medidas utilizando la aspiradora eran, en su regulación más baja, el doble de lo

TFG: NOMBRE TFG

que buscábamos después de realizar la prueba en un motor real. Sin embargo, gracias a estas pruebas comprobamos que los medidores funcionaban bien en el montaje y decidimos dar el paso a comprar un ventilador real para dejarlo fijo en el banco de ensayo.

También optamos por seguir con este método de prueba, aunque para el banco de ensayos utilizaríamos una estructura rígida para sujetar los elementos y añadiríamos la válvula para regular el caudal sin tocar el ventilador.

1.9.- BANCO DE ENSAYO

1.9.1.- ELEMENTOS

-Ventilador Vent-Axia ACM150



Ilustración 1-10. Ventilador Vent-Axia ACM 15



Ilustración 1-11. Detalle del PIN de caudal y F, N

Se trata de un ventilador cuya regulación pasa por tener 3 posibles velocidades de giro. Probando en las distintas posiciones, sabiendo que el diámetro interior de la sección es de 147mm y tomando medidas de la velocidad obtuvimos los siguientes caudales:

$$Q_{\min} = 125 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{men}} = 142 \text{ l/s}$$

$$Q_{\max} = 167 \text{ l/s}$$

Para nuestras pruebas elegimos la configuración de Q_{\max} ya que es más fácil regular desde esta posición.

TFG: NOMBRE TFG

Esto es debido a que una vez empezamos a cerrar la sección para acoplar las tuberías de las que disponemos perderemos mucha caudal por culpa de estas reducciones.

- Adaptador para la tubería de mediciones

Abrazadera con una entrada para colocar el sensor del anemómetro



Ilustración 1-12. Adaptador para la sonda del anemómetro

- Tubería de PVC para colocar los sensores (75mm de diámetro)

Elegimos una tubería con un diámetro amplio para poder adaptar el mayor número de entradas posibles.



Ilustración 1-13. Tubería de PVC para soportar los medidores

TFG: NOMBRE TFG

-Anemómetro Testo 440

Anemómetro con sonda para medir caudal volumétrico dentro de la tubería



Ilustración 1-14. Anemómetro TESTO 440

TFG: NOMBRE TFG

-Manómetro Testo 520

Manómetro para la medición de la diferencia de presión entre la entrada (atm) y la salida de la caja del filtro.

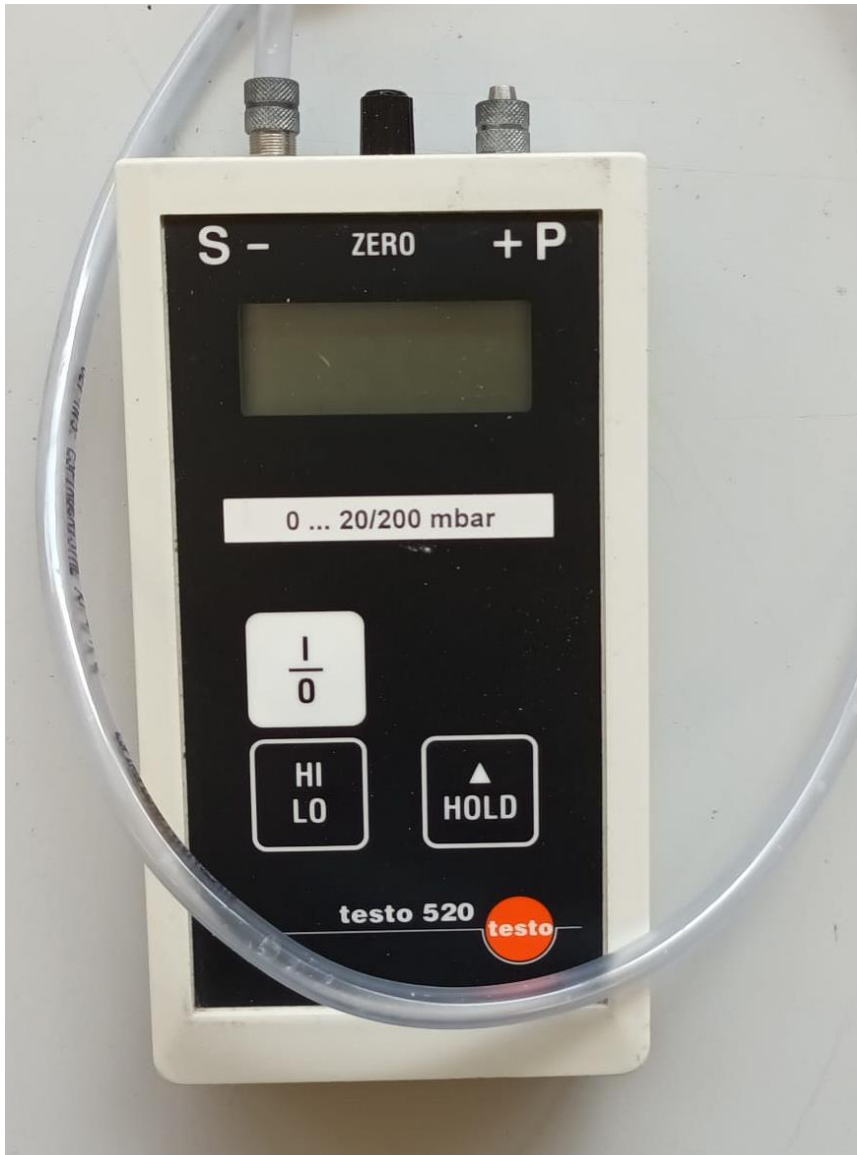


Ilustración 1-15. Manómetro TESTO 520

TFG: NOMBRE TFG

-Perfilería de aluminio

Perfilería para poder montar el resto de los componentes encima y dejar todas las piezas sujetas a un chasis común.

Dimensiones aproximadas 100x4,5x4,5 cm

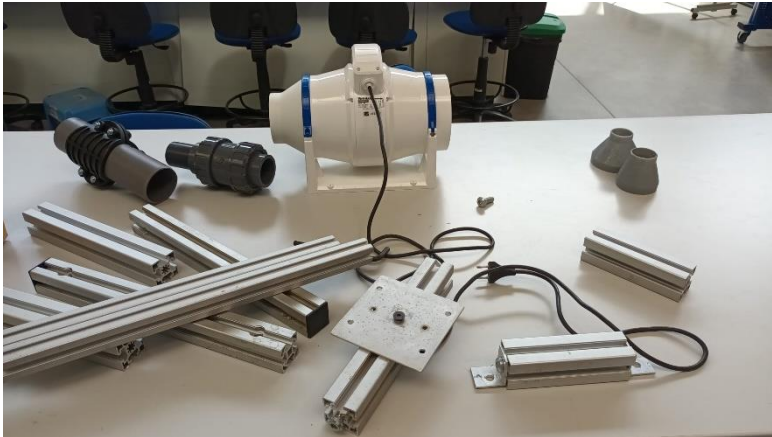


Ilustración 1-16. Perfilera de aluminio

-Tornillería y abrazaderas

Necesitaremos tornillería que encaje con la perfilera de aluminio que hemos seleccionado, así como abrazaderas que nos permitan fijar las piezas del banco a la estructura. De esta manera nos aseguramos de que todos los elementos están al mismo nivel.

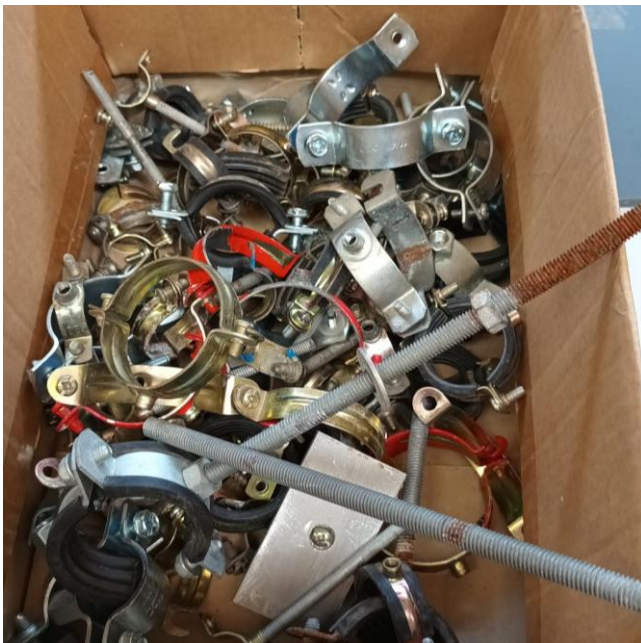


Ilustración 1-17. Tornillería y abrazaderas

-Cajas de filtros

Requeriremos de distintas configuraciones de filtros, los cuales nos servirán para poder compararlos entre ellos. En nuestro caso hemos optado por filtros con y sin caja, para tener un mayor rango de posibilidades en las pruebas.

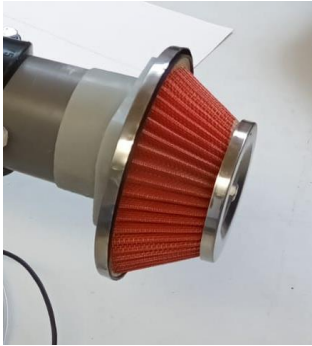


Ilustración 1-18. Filtro de referencia (FR), cónico rojo



Ilustración 1-19. Filtro Nº 4



Ilustración 1-20. Filtro Nº 3

-Válvula de paso

Instalaremos una válvula de paso para poder regular el caudal que pasa por la tubería de manera más cómoda. En nuestro caso se trata de una válvula de bola.

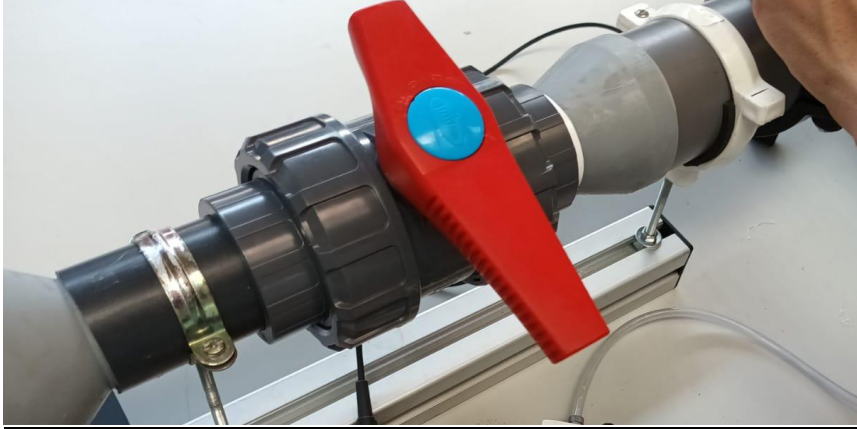


Ilustración 1-21. Válvula de paso

-Adaptadores para los filtros (en caso de ser necesarios)

Utilizando la técnica de prototipado de impresión 3D podemos conseguir adaptar una gran cantidad de filtros a nuestra tubería de mediciones. El que se muestra a continuación fue diseñado para acoplar el filtro de referencia, el cual no tenía caja propia y no se podía fijar de otra manera.

Se aconseja después de acabar con el proceso de impresión, pulir la superficie que esté en contacto con el fluido para evitar rugosidades. Así como cerciorarse de que no hay pérdidas y si fuese el caso rediseñar la pieza o utilizar cinta para tapar los desperfectos que puedan quedar tras el proceso de impresión.



Ilustración ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.1-22. Adaptador del Filtro de Referencia

1.9.2.- MONTAJE

El montaje del banco de ensayos tendrá como finalidad permitir adaptar una gran cantidad de sistemas, ya que cada caja tiene una geometría distinta y por ello tendremos que usar diferentes piezas para acoplarlos a nuestro banco.

A continuación, enumeraremos los pasos a seguir para montar el banco según la forma óptima seguida en el laboratorio.

1^{er} Paso:

Nos aseguramos de que el ventilador (Ventilador Vent-Axia ACM 150) está configurado para que trabaje a su mayor caudal. Para preparar el ventilador, retiraremos la tapa que deja al descubierto la placa de conexiones, seleccionaremos la ranura de HIGH, que podemos identificar en la ilustración 1.7, puenteadando de la manera que aparece en la figura (C3). Después pelaremos y conectaremos el cable de toma de corriente al ventilador, el cual cuenta con una ranura para la Fase y el Neutro en la placa del ventilador, como se ve en la ilustración 1.7. Por último, cerraremos de nuevo la tapa para no estropear la configuración del ventilador.

2^{do} Paso:

Cortaremos un perfil de aluminio de aproximadamente 40cm y le uniremos 2 tramos cortos (10cm) a ambos lados en un extremo. En esta zona colocaremos una plancha para que descansa el ventilador. Marcaremos los agujeros para colocar la tornillería, taladraremos y lo dejaremos fijo con tornillería.

3^{er} Paso:

Cortaremos una sección de la tubería de 40mm para acoplarlas antes de la válvula y nos cercioraremos de que gira correctamente entre su máxima y mínima amplitud.

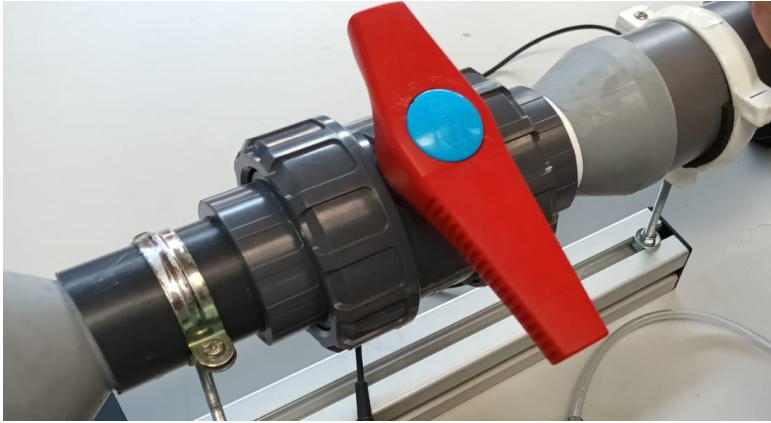


Ilustración 1-21. Válvula de paso

4^{to} Paso:

Acoplaremos la tobera cilíndrica que viene en la caja al ventilador y posteriormente la reducción que hemos impreso para conectar con el tramo de tubería de 40mm.



Ilustración 1-23. Montaje del banco (Paso 4to)

Iremos cortando varillas roscadas y sujetando con abrazaderas en los diferentes tramos para asegurarnos de que el montaje quede alineado y no sufra vibraciones.

Para ello podemos usar anclajes que trabajen con la perfilería que usemos.

5^{to} Paso:

Conectaremos la unión que hemos impreso a la tubería de 75mm por el lado más alejado a los conectores de los instrumentos, evitando así que la varilla del medidor de velocidad pueda causar un flujo turbulento y afecte a la medición de la presión.

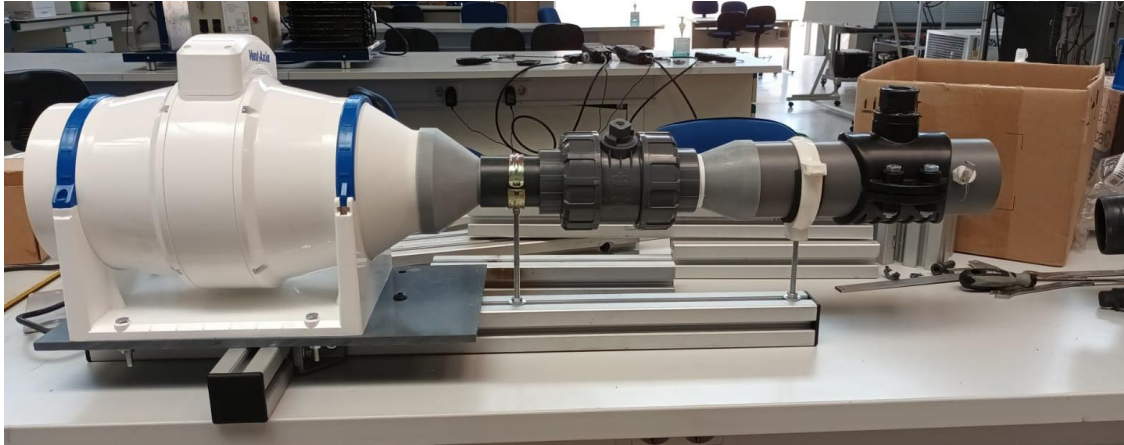


Ilustración 1-24. Banco de ensayo acabado

Se ha elegido una tubería de diámetro superior a la gran mayoría de las salidas de las cajas de prueba para evitar una reducción antes de las sondas que pueda aplicar una pérdida de carga variable entre filtros.

Se puede colocar cinta a las uniones para asegurarnos de que no tienen ningún tipo de pérdida.

1.10.- DIRECTRICES PARA LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO

Siguiendo el documento "*Plantilla para el informe de ensayos*" que se anexa al final de este proyecto, realizaremos el siguiente proceso para llevar a cabo el correcto ensayo de este banco de pruebas.

1^{er} Paso: Comprobaremos que los instrumentos de medición están bien calibrados.

- Anemómetro: Nos aseguraremos de que la veleta está limpia y gira sin problemas y comprobaremos que quede centrada dentro de la tubería para evitar malas medidas

- Manómetro: Regulamos el indicador hasta llegar a 0, donde nos aseguramos de que la diferencia de presión es la misma y luego introducimos el tubo en la ranura de la tubería

2^{do} Paso: Elegimos un caudal de trabajo que nos permita ensayar los filtros y asegurarnos de que lleguemos a la velocidad indicada para ese caudal. Podemos realizar este paso abriendo la válvula del todo y calculando el caudal máximo, así podremos seleccionar distintas posiciones de la válvula de una manera más precisa.

3^{er} Paso: Elegimos la caja del filtro que vayamos a ensayar y la colocamos en el extremo final del banco, donde se encuentran los instrumentos de medición. Usando teflón o cinta aseguramos que quede bien fija la unión y evitamos posibles fugas de corriente. Intentamos en la medida de lo posible colocar el extremo por donde entre aire al filtro a la misma cota que los instrumentos de medida para evitar errores en la medición por un aumento en la altura de la entrada.

Según la caja con la que se haga la prueba, puede darse el caso de que tenga más de una entrada, como ocurre con las que tienen configuraciones verano/invierno. Este diseño se debe a que, en la posición de invierno, la toma de aire se encuentra próxima al colector de escape por donde se evacuan los gases después de la combustión, para calentar el aire antes de la entrada al motor.

En estos casos colocaremos el filtro en la posición de invierno la cual es más restrictiva y taparemos el resto de las entradas lo mejor posible.

4^{to} Paso: Enchufamos el ventilador y esperamos entre 15-20 segundos a que el flujo y los sensores se estabilicen y anotamos las medidas.

Repetiremos este proceso para cada filtro que deseemos probar en el banco en un rango de 3-4 caudales distintos.

5^{to} Paso: Rellenaremos la plantilla para el informe de ensayos que se incluye en el documento anexo 3.3.

1.11.- EJEMPLO PRÁCTICO

Para este ensayo práctico, que tenía como fin ser una primera prueba completa, evaluar el montaje y el proceso de documentación de datos, hemos realizado una comprobación entre cinco filtros distintos, uno que tomaremos como referencia y otros cuatro que compararemos con este.

Hemos elegido tomar 3 caudales por cada filtro, aunque se podrían tomar más.

Montaje del filtro de referencia:

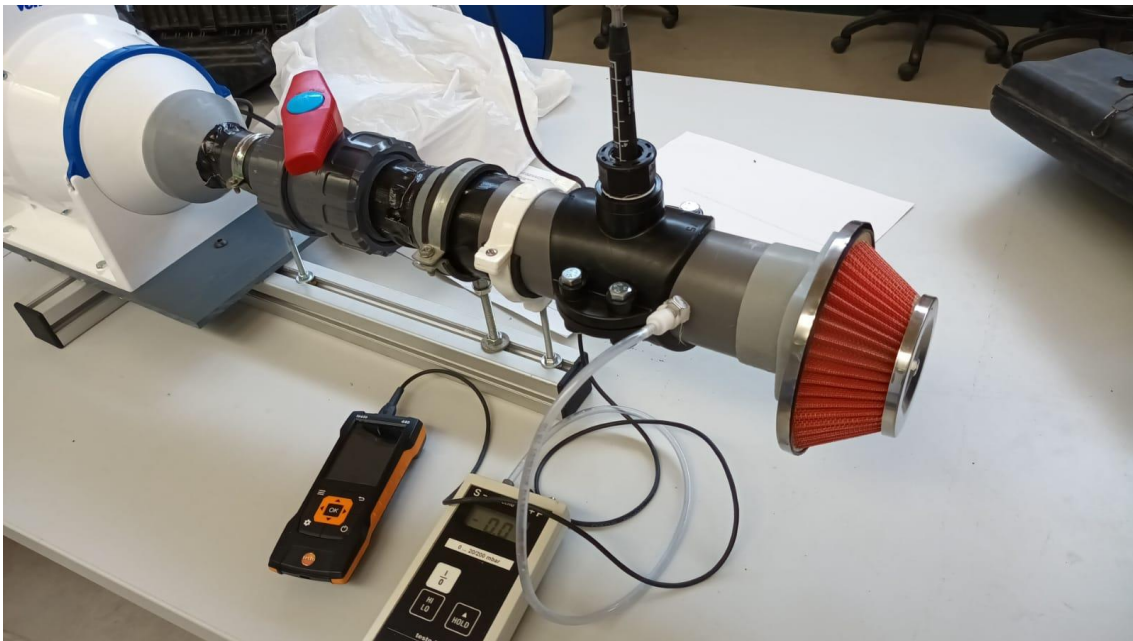


Ilustración 1-25. Montaje del banco para ensayar el filtro de referencia

Montaje del Filtro 1:

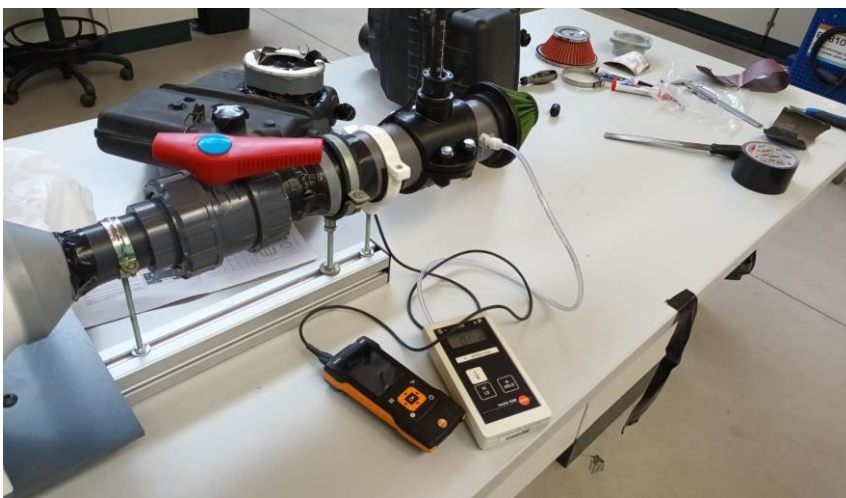


Ilustración 1-26. Montaje del banco para ensayar el filtro N°1

Montaje del Filtro 2:

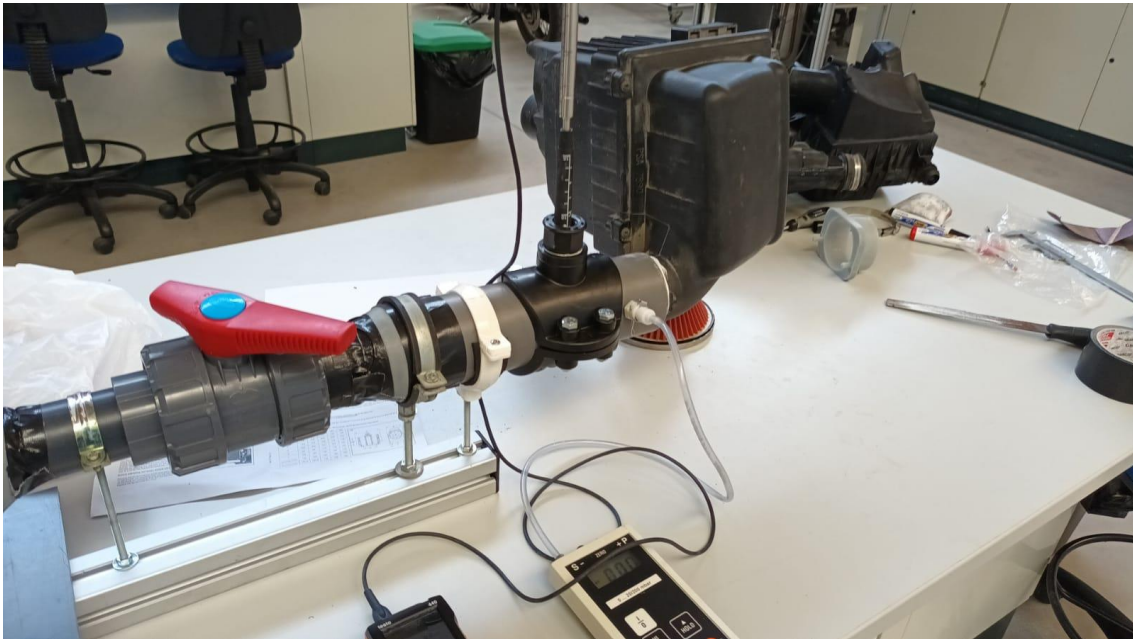


Ilustración 1-27. Montaje del banco para ensayar el filtro N°2

Montaje del Filtro 3:

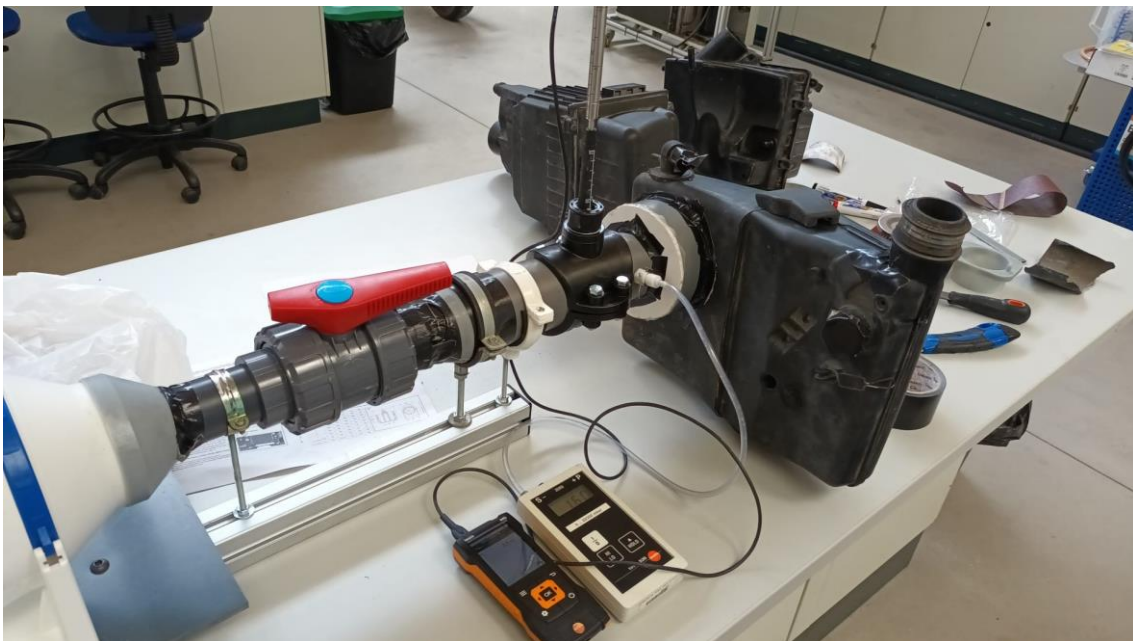


Ilustración 1-28. Montaje del banco para ensayar el filtro N°3

Montaje del Filtro 4:

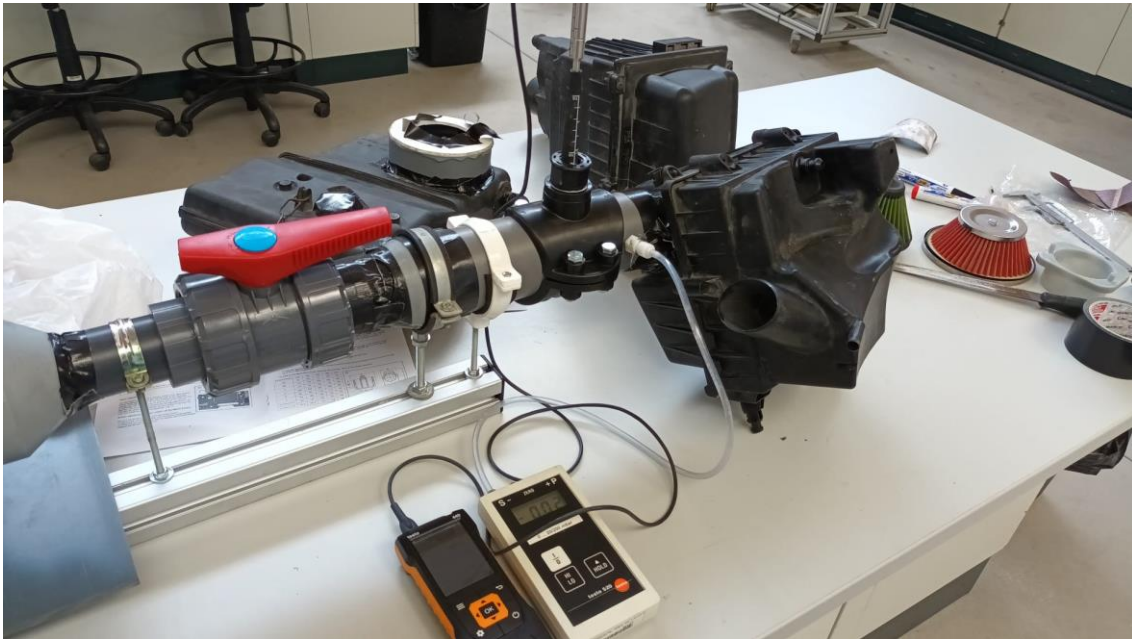


Ilustración 1-29. Montaje del banco para ensayar el filtro N°4

Datos tomados durante la prueba:

		Sin Filtro	FR	Filtro 2	Filtro 3	Filtro 4	Filtro 5
V(1/4 cerrado)	v(m/s)	4,2	4,1	4,2	4,3	4,0	4,1
	P(mbar)	0,10	1,10	0,21	0,70	3,20	0,95
	Q(m3/s)	0,016	0,015	0,016	0,016	0,015	0,015
V(1/2)	v(m/s)	3,0	3,0	2,9	3,1	3,0	3,1
	P(mbar)	0,03	0,60	0,16	0,38	1,98	0,53
	Q(m3/s)	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
V(3/4)	v(m/s)	2,0	2,1	2,0	1,9	2,0	2,0
	P(mbar)	0,00	0,36	0,08	0,15	0,90	0,28
	Q(m3/s)	0,007	0,008	0,007	0,007	0,007	0,007
Asec(m2)	0,0037						

Tabla 3. Toma de datos para el experimento en el laboratorio.

Tras la toma de datos en el laboratorio, podemos completar la ficha del ensayo y rellenar el resto del informe. En el documento anexo 3.4 se muestra el informe de ensayo correspondiente, elaborado utilizando la plantilla definida antes.

1.12.- CONCLUSIONES

Tras la redacción de este trabajo y los ensayos realizados en el laboratorio podemos concluir que se han cumplido todos los objetivos que se pretendían al inicio de este proyecto.

Se ha diseñado un banco de ensayos tipo, que permite medir y comparar la pérdida de carga introducida por diferentes filtros de admisión alternativos, para su uso en la homologación de este tipo de reformas de vehículos categoría M1, así como el informe que acompaña al ensayo y determina si el posible cambio es "APTO" o "NO APTO".

Se ha construido el banco y se han realizado unas primeras pruebas, obteniendo resultados satisfactorios.

Además, el proyecto desarrollado será útil para que el servicio técnico LAVEL pueda dotarse de un banco capaz de realizar ensayos que le permitan conocer la pérdida de carga que produce un sistema de admisión, y un procedimiento para poder comparar las prestaciones de posibles filtros de sustitución, para valorar la viabilidad de la reforma.

Por último, hay que destacar que se ha desarrollado un proyecto técnico completo en el que se han podido aplicar algunos de los conocimientos adquiridos durante el grado y darlo por finalizado.

2.- PRESUPUESTO.

Elemento	Precio unitario (€)	Unidad(es)	Precio total (€)
Ventilador Vent-Axia ACM 150	250	1	250
Manómetro Testo 520	300	1	300
Anemómetro Testo 440 y sonda	500	1	500
Perfilería de aluminio 4,5x4,5 (1m)	50	1	50
Tubería PVC 75mm	10	1	10
Tubería PVC 45mm	5	1	5
Válvula de bola	5	1	5
Piezas impresas	4	3	12
Varilla roscada 6mm	6	1	6
Pequeño material	15	-	15

TOTAL: 1.132€

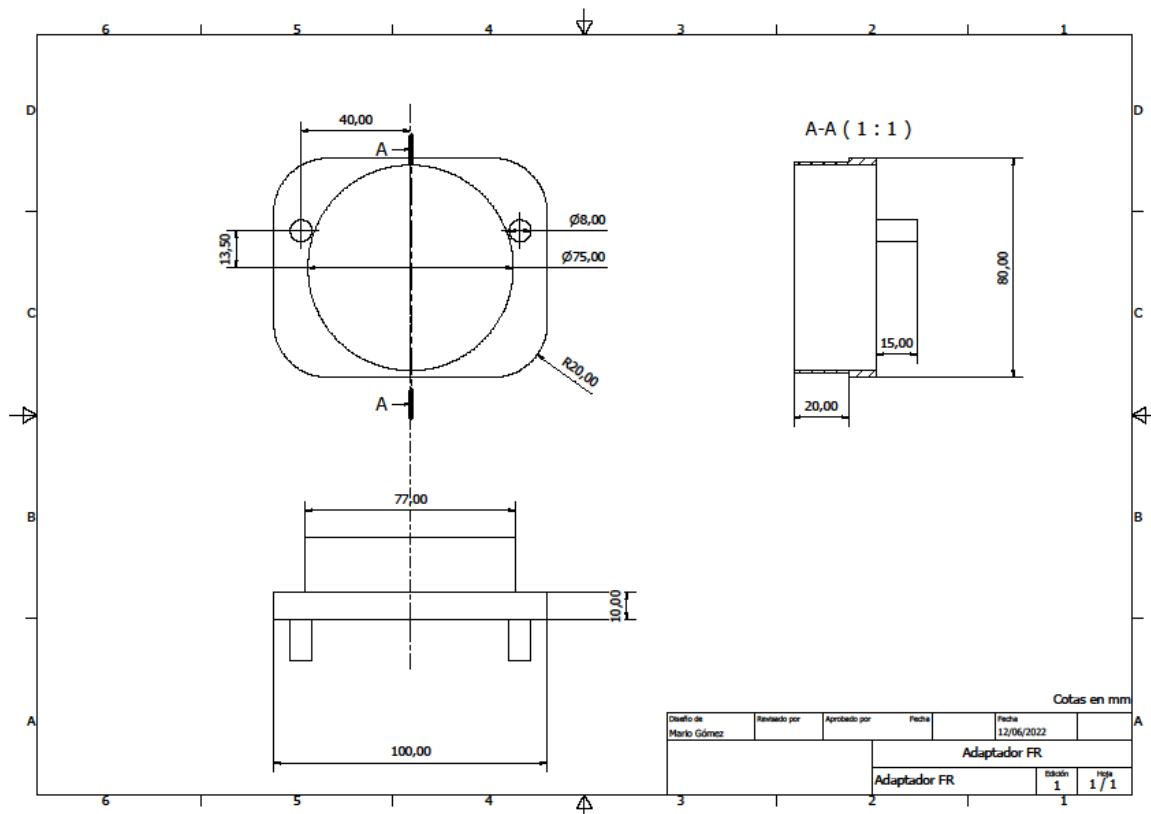
El presupuesto del banco de ensayos asciende a la cantidad de mil ciento treinta y dos euros, impuestos incluidos.

3.- DOCUMENTOS ANEXOS.

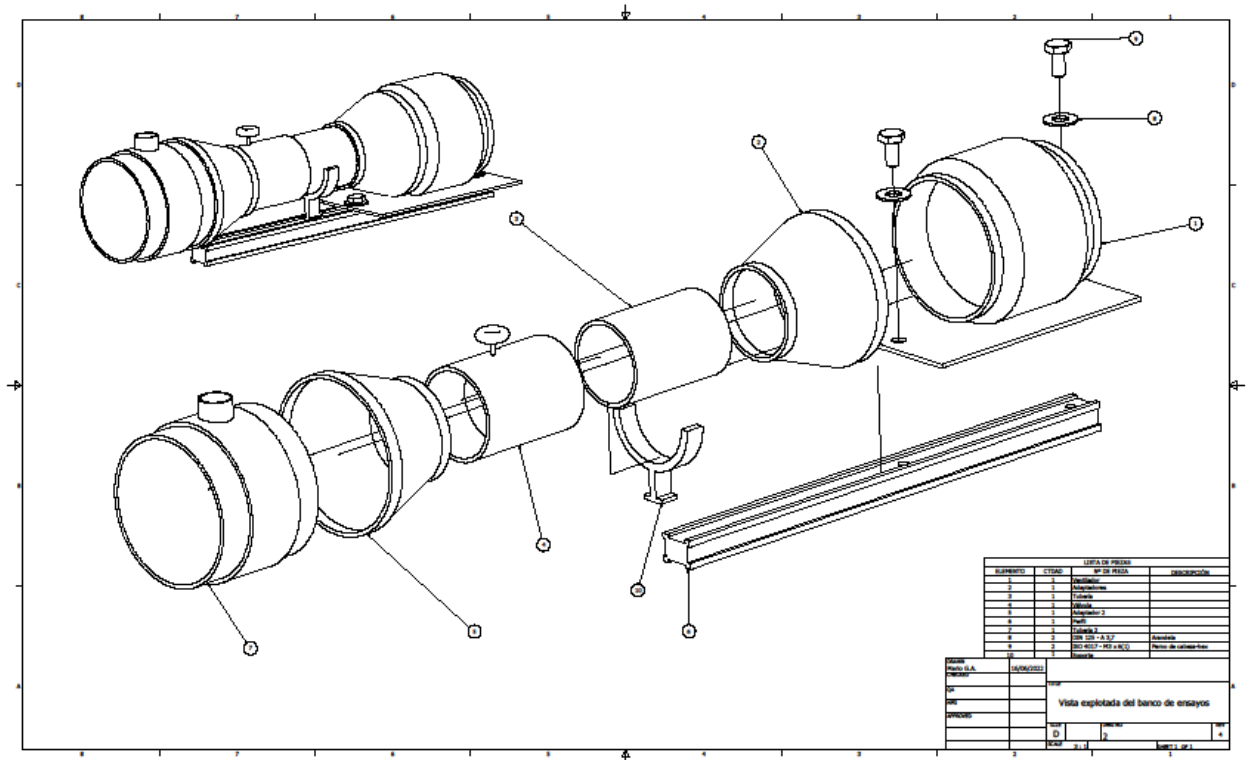
3.1.- BIBLIOGRAFÍA:

- Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. (Mayo 2022). Manual de reformas de vehículos. Revisión 6ª – Corrección 1.
- Boletín Oficial del Estado. (28 de julio de 2008). Reglamento (CE) nº 692/2008.
- Boletín Oficial del Estado. (14 de julio de 2010). Real Decreto 866/2010.
- Coordinación de servicios técnicos de reformas.
- Fernando Verdú Bernabéu. (Feb 2014). Lección 5: Proceso de renovación de la carga en motores térmicos.

3.2.- PLANOS:




Plano 1. Adaptador para el filtro de referencia



Plano 2. Plano de explosión del banco de ensayos

3.3.- PLANTILLA PARA EL INFORME DE ENSAYOS

INFORME DE ENSAYOS	
Universidad Miguel Hernandez de Elche Avda.. Universidad s/n Elche (Alicante), 03202 Teléfono: Oficinas: Laboratorio Ensayos:	

Nº de Referencia (Nº de Ref):

1.- Datos del interesado
Nombre:
Dirección:
Teléfono:

2.- Identificación de los filtros
Filtro de referencia (FR):
Filtro 1 (F1):
Filtro 2 (F2):
Filtro 3 (F3):
Filtro 4 (F4):

Fecha de realización de ensayo:	NºRef:
Técnico de Ensayos:	

3.- Características de los filtros					
	FR	F1	F2	F3	F4
Requiere de adaptador					
Requiere cinta sellante					
Desperfecto que comprometa la estanqueidad					
Se aprecia suciedad en el filtro					

4.- Identificación de los equipos de ensayo
Ventilador:
Anemómetro:
Manómetro:

5.- Características de la configuración del equipo
Diámetro interior de la tubería de medición:
Velocidad máxima obtenida:
Caudal máximo posible:

Fecha de realización de ensayo:	NºRef:
Técnico de Ensayos:	

6.- Toma de datos		Unidades de presión: mbar kPa			
Caudal (m ³ /s)	FR	F1	F2	F3	F4
Q1:					
Q2:					
Q3:					
Q4:					

7.- Comparación con FR				
Resta del valor de diferencia de presión de FR con cada una de las medidas del resto de filtros (kPa).				
Caudal (m ³ /s)	FR-F1	FR-F2	FR-F3	FR-F4
Q1				
Q2				
Q3				
Q4				

Fecha de realización de ensayo:	NºRef:
Técnico de Ensayos:	

8.- Resultado del ensayo ("APTO" o "NO APTO")

Siguiendo el apartado 2.1 "*Modificaciones de las características o sustituciones de los elementos del sistema de admisión del comburente*", del documento "Coordinación de Servicios Técnicos de Reformas". Se considera equivalente ("APTO") el FR con otro filtro de la prueba si su ΔP no es superior a 0,5kPa en ninguna de las mediciones. Se tomará el valor absoluto del apartado "**7.- Comparación con FR**" para determinar esta comparación.

Filtro 1:

Filtro 2:

Filtro 3:

Filtro 4:

9.- Observaciones

Fecha de realización de ensayo:

NºRef:

Técnico de Ensayos:

Firma autorizada:

3.4.- EJEMPLO DE INFORME DE ENSAYOS

INFORME DE ENSAYOS	
Universidad Miguel Hernandez de Elche Avda.. Universidad s/n Elche (Alicante), 03202 Teléfono: +34 6598325** Oficinas: Edificio Altet Laboratorio Ensayos: Laboratorio de Motores Térmicos	

Nº de Referencia (Nº de Ref): UMH-00001

1.- Datos del interesado
Nombre: Mario Gómez Alonso
Dirección: C/ Pastor Domínguez 27
Teléfono: +34 6581659**

2.- Identificación de los filtros
Filtro de referencia (FR): Filtro cónico rojo
Filtro 1 (F1): Filtro cónico verde
Filtro 2 (F2): Filtro #2
Filtro 3 (F3): Filtro #3
Filtro 4 (F4): Filtro #4

Fecha de realización de ensayo: NºRef: UMH-00001 05/06/2022
Técnico de Ensayos: Eugenio Pascual

3.- Características de los filtros					
	FR	F1	F2	F3	F4
Requiere de adaptador	X			X	
Requiere cinta sellante			X	X	X
Desperfecto que comprometa la estanqueidad				X	
Se aprecia suciedad en el filtro			X	X	X

4.- Identificación de los equipos de ensayo
Ventilador: Vent-Axia ACM 150 (Qmax)
Anemómetro: Testo 440
Manómetro: Testo 520

5.- Características de la configuración del equipo
Diámetro interior de la tubería de medición: 68,7 mm
Velocidad máxima obtenida: 5,1 m/s
Caudal máximo posible: 0,01887 m ³ /s

6.- Toma de datos		Unidades de presión: mbar kPa			
Caudal (m ³ /s)	FR	F1	F2	F3	F4
Q1: 0,16	1,1 0,11	0,21 0,021	0,7 0,07	3,2 0,32	0,95 0,095
Q2: 0,011	0,6 0,06	0,16 0,016	0,38 0,038	1,98 0,198	0,53 0,053
Q3: 0,007	0,36 0,036	0,08 0,008	0,15 0,015	0,9 0,09	0,28 0,028
Q4: -	-	-	-	-	-

7.- Comparación con FR

Resta del valor de diferencia de presión de FR con cada una de las medidas del resto de filtros (kPa).

Caudal (m ³ /s)	FR-F1	FR-F2	FR-F3	FR-F4
Q1	0,089	0,04	-0,21	0,015
Q2	0,044	0,022	-0,138	0,007
Q3	0,028	0,021	-0,054	0,008
Q4				

8.- Resultado del ensayo ("APTO" o "NO APTO")

Siguiendo el apartado 2.1 "*Modificaciones de las características o sustituciones de los elementos del sistema de admisión del comburente*", del documento "Coordinación de Servicios Técnicos de Reformas". Se considera equivalente ("APTO") el FR con otro filtro de la prueba si su ΔP no es superior a 0,5kPa en ninguna de las mediciones. Se tomará el valor absoluto del apartado "**7.- Comparación con FR**" para determinar esta comparación.

Filtro 1: APTO

Filtro 2: APTO

Filtro 3: APTO

Filtro 4: APTO

Fecha de realización de ensayo: N°Ref: UMH-00001
05/06/2022

Técnico de Ensayos: Eugenio Pascual

9.- Observaciones

TFG: NOMBRE TFG

El filtro de referencia (cónico rojo) y el filtro 2 (cónico verde) se prueban sin caja de filtro.

El filtro 4 requiere de cinta para tapar los orificios de los tornillos que no venían con el montaje.

Fecha de realización de ensayo: N°Ref: UMH-00001
05/06/2022

Técnico de Ensayos:

Eugenio Pascual

Firma autorizada:

