



Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Jaén

ADAPTACIÓN DE BANCO DE ENSAYOS DE MOTORES TÉRMICOS DE PEQUEÑA POTENCIA PARA CONSUMO DE GASES COMBUSTIBLES

Autor: Miguel Ángel Cantero Marín

Grado: Ingeniería mecánica

Director: Fernando Cruz Peragón

Departamento del director: Ingeniería mecánica y minería

Fecha: 11/09/2024

Licencia CC



CREA



RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) aborda la conversión de un motor diésel convencional para operar con propano u otros gases, y la implementación de un sistema de control avanzado que permite la monitorización precisa de parámetros críticos como la temperatura, la presión y el caudal de gas.

El objetivo principal del Proyecto es demostrar la viabilidad técnica y los beneficios potenciales de usar gases, esto incluye a los licuados del petróleo, gas natural, biogás o gases de bajo poder calorífico, centrándose en el estudio de estos últimos como combustibles alternativos en motores originalmente diseñados para diésel.

El proceso de adaptación incluye modificaciones específicas en la admisión del motor mediante un tubo de Venturi, con el cual se le absorbe el gas por depresión, más la instalación de gas para la regulación de presión y caudal.

En conclusión, este TFG no solo valida la adaptación de motores diésel para el uso de **gases, describiéndose de ahora en adelante como los descritos en el párrafo anterior**, sino que también introduce una herramienta integral para la supervisión y el control de los sistemas de combustión.



Índice

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Objetivo	5
1.2 Planteamiento del trabajo.....	5
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 La importancia de los gases	7
2.1.1 Ventajas de los gases	7
2.1.2 Desventajas de los gases	7
2.2 Conversión de motores Diesel a gas	8
2.2.1 Contexto histórico.....	8
2.2.2 Motor cuatro tiempos.....	8
2.3 Sistemas de inyección.....	11
2.3.1 Sistemas de inyección para Diesel.....	11
2.3.2 Sistemas de inyección gas	11
3. DISEÑO	13
3.1 Panel de control.....	13
3.1.1 Rotámetro o caudalímetro de área viable	13
3.1.2 Dimensionado de tubería.....	21



3.1.2	Diseño en SolidWork	22
3.2	Tubo de Venturi para el sistema de admisión	29
3.3	Sistema completo	37
4	MONTAJE	41
4.1	Placa de anclaje	42
4.2	Instalación de gas	45
5	RESULTADOS FINALES	49
5.1	Pruebas de eficiencia con distintos tipos de gases	49
5.2	Análisis de humos	50
5.3	Comportamiento térmico del motor	50
5.4	Comparativa del motor original y la adaptación	50
6	CONCLUSIONES	51
7	REFERENCIAS	53
ANEXO I. MANUAL DE INSTRUCCIONES ACERCA DEL USO Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIÓN DE GAS		
ANEXO II. PLANOS		
ANEXO III: FICHAS TÉCNICAS		



1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de diversificar el uso de combustibles y optimizar el rendimiento de los motores ha impulsado la investigación en la conversión de motores diésel a otros combustibles como gases. Inicialmente se aplicará al uso de gases, conocidos por su eficiencia y costo relativamente bajo, se presenta como una alternativa atractiva para aplicaciones industriales y de transporte. Su utilización en motores originalmente diseñados para funcionar con diésel requiere una serie de adaptaciones técnicas, pero promete mantener, o incluso mejorar, el rendimiento del motor mientras se exploran nuevas posibilidades de uso.

Por otro lado, la implementación del panel de control como elemento de seguridad y regulación hace que este dispositivo sea fácil de controlar y monitorizar. Además, dispone de un manual de instrucciones elaborado por el autor del TFG para el correcto uso del mismo.

1.1 Objetivo

Realizar la conversión técnica del motor diésel para operar con gases, que incluye la instalación de un sistema de inyección de gas y los ajustes necesarios en la cámara de combustión.

Diseñar y construir un panel de control equipado con sensores de alta precisión, para medir la temperatura, presión y caudal de gas, integrando estos sensores con el sistema de propulsión adaptado.

Elaborar un manual de instrucciones detallado para el uso y mantenimiento del panel de control, asegurando que el sistema pueda ser operado de manera segura y eficiente.

1.2 Planteamiento del trabajo

Capítulo 1: Introducción

- Se describen los objetivos específicos de la conversión técnica del motor para operar con gases.



Capítulo 2: Marco Teórico

- **2.1 Importancia de los gases:** Se aborda la importancia de los gases como combustibles, analizando sus ventajas y desventajas.
- **2.2 Conversión de motores diésel a gas:** Se estudia la historia y el contexto de la conversión de motores a gas, explicando el funcionamiento de un motor de cuatro tiempos y los diferentes sistemas de inyección.

Capítulo 3: Diseño

- **3.1 Panel de control:** Se describen los elementos del panel de control, como el rotámetro, los tubos de cobre, y otros dispositivos diseñados para la regulación y monitorización del gas.
- **3.2 Sistema de admisión:** Se detalla el diseño e implementación del tubo de Venturi en el sistema de admisión del motor.

Capítulo 4: Montaje

- **4.1 Placa de anclaje:** Se explica el proceso de ensamblaje y montaje de la estructura que soportará la instalación del gas.
- **4.2 Instalación de gas:** Se describe la metodología para cortar, ensamblar y soldar las tuberías, además de los métodos de comprobación de la calidad de la instalación.

Capítulo 5: Resultados Finales

- Debido a la falta de algunos componentes, este capítulo no puede cerrarse en su totalidad, pero se destacan las pruebas realizadas y los resultados parciales obtenidos.

Capítulo 6: Conclusiones

- Se presentan las conclusiones preliminares sobre el impacto del uso de gases de bajo poder calorífico en motores diésel, destacando el impacto en la potencia, eficiencia y estabilidad del motor.



2. MARCO TEÓRICO

2.1 La importancia de los gases

Además de los **gases licuados del petróleo** (GLP), que incluyen propano y butano, existen muchos otros tipos de gases. Entre ellos los más comunes son el gas natural, compuesto principalmente por metano (CH_4), biogás, el cuál proviene de la descomposición de materia orgánica compuesto por metano, y dióxido de carbono (CO_2). Sin embargo, la finalidad de este TFG abordará el estudio de los **gases de bajo poder caloríficos** o comúnmente denominados **gases pobres** con el **objetivo de comparar distintos parámetros significativos** frente a otros gases.

2.1.1 Ventajas de los gases

Alta eficiencia energética. Tiene una elevada eficiencia energética y, por lo tanto, se requiere menos cantidad de combustible para producir la misma cantidad de calor.

Almacenamiento y transporte. Se puede almacenar en tanques y cilindros a presión. Esto lo hace ideal para áreas donde no haya acceso a la red de gas natural.

Versatilidad. Se puede emplear para una amplia variedad de aplicaciones: desde calentar estancias hasta cocinar o generar electricidad.

Bajo coste. En general, el precio está por debajo del de otros combustibles, tanto sólidos como líquidos con poderes caloríficos similares o incluso superiores.

2.1.2 Desventajas de los gases

Coste de instalación. La instalación del sistema en un hogar o edificio puede ser costosa en el caso de tener que incorporar un depósitos de gases y tuberías especiales.

Limitaciones geográficas. El acceso a esta energía puede ser limitado en áreas remotas o rurales.



Envasado con limitaciones. Ya que se vende en bombonas, su uso es limitado. Cuando se termina una bombona necesitamos cambiarla por otra, por lo que puede generar dependencias de atención y contar siempre con disponibilidad de las mismas para evitar cortes de suministro.

2.2 Conversión de motores Diesel a gas

2.2.1 Contexto histórico

Aunque pueda parecer un concepto reciente, el motor dual lleva utilizándose desde mediados del siglo pasado. Tras la segunda guerra mundial, hubo un incremento en la producción de petróleo, lo cual favoreció la extensión del motor de combustión interna. Por aquel entonces, los GLP se consideraban como un subproducto obtenido en la extracción del crudo. Debido a su gran disponibilidad y coste casi nulo, en algunos motores diésel se introducían distintos tipos de gases mezclado con el aire de admisión para reducir costes en base a la producción.

En los años 90 se volvió a mostrar interés en este tipo de motores. En este caso, el interés no residía en utilizar el exceso de gases como complemento en un motor diésel. La conciencia ecológica iba en aumento por aquellos años, por lo que en este caso lo que se buscaba era obtener un motor de bajas emisiones.

Hoy en día, la mayoría de las propuestas comerciales no van encaminadas en la creación de un motor dual desde cero, sino que se enfocan en la transformación de un motor diésel en un motor dual. Algunos ejemplos de uso de estos motores se implementan en generadores eléctricos, camiones y trenes modelo s-730(dual).

2.2.2 Motor cuatro tiempos

Estos motores disponen de un conjunto de cámaras (cilindros) y un pistón que se mueve dentro de cada una de ellas de forma alternativa, transmitiendo el movimiento lineal a circular mediante un mecanismo biela-manivela. En el interior de cada cámara las operaciones que se desarrolla son.



1. Tiempo (ADMISIÓN). Con la válvula de admisión abierta, el pistón se desplaza desde el PMS al PMI (1/2 vuelta del cigüeñal = 1a carrera) provocando una depresión en el cilindro que da lugar a la aspiración del fluido.
2. Tiempo (COMPRESIÓN). Cerrada la válvula de admisión, el pistón se desplaza desde el PMI al PMS (1/2 vuelta del cigüeñal = 2a carrera) comprimiendo el fluido admitido en la 1a carrera.
3. Tiempo (COMBUSTIÓN-EXPANSIÓN). El fluido comprimido en la carrera anterior combustiona, bien espontáneamente o bien provocando dicha combustión por medio de una chispa eléctrica. Esto ocurre cuando el pistón ha llegado al PMS, al final de la 2a carrera. Debido a esta combustión se produce, por la presión, un empuje en el pistón, que se desplaza desde el PMS al PMI (1/2 vuelta del cigüeñal = 3a carrera) expansionándose los gases de la combustión. Esta carrera es la única que produce trabajo.
4. Tiempo (ESCAPE). Con la válvula de escape abierta, el pistón se desplaza desde el PMI al PMS (1/2 vuelta del cigüeñal = 4a carrera) expulsando a los gases quemados al exterior del cilindro.

Para llevar a cabo el funcionamiento del motor, es preciso un conjunto de sistemas auxiliares mínimo (según las aplicaciones aumentarán), que incorpora una serie de elementos que consumen energía propia del motor:

- Sistema de alimentación de combustible
- Sistema de distribución para la renovación de la carga
- Sistema de refrigeración de las camisas de los cilindros
- Sistema de lubricación de elementos móviles
- Sistema de encendido en motores MEP

A continuación, se muestra una figura 2.1. que desarrolla estas operaciones para un motor dual.

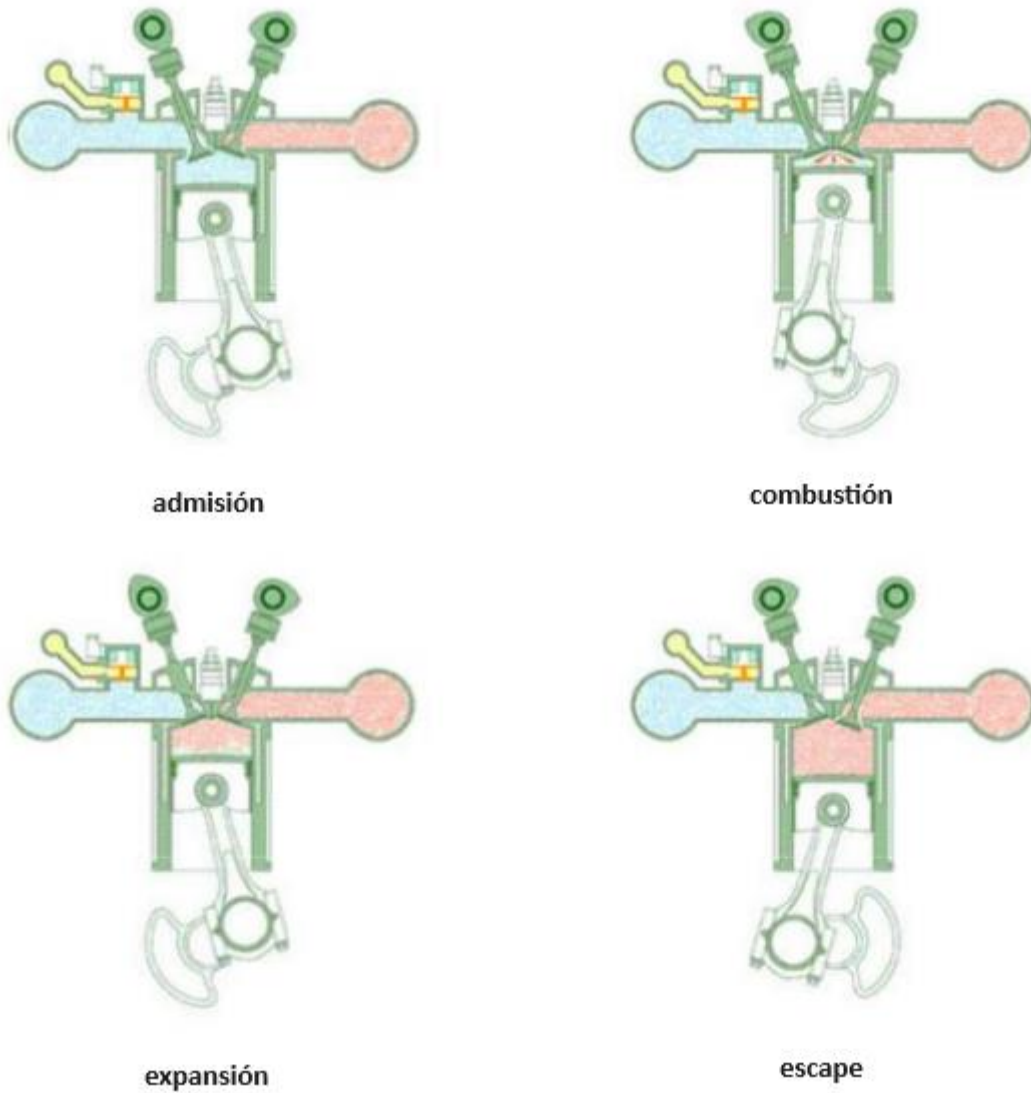


Figura 2.1.- Ciclo operativo motor dual cuatro tiempos



2.3 Sistemas de inyección

Existen una gran variedad de sistemas para controlar el caudal de Diesel y gas. A continuación, se detallará como funcionan y tipos de sistemas de inyección de sendos combustibles.

2.3.1 Sistemas de inyección para Diesel

Dentro de los sistemas de inyección de combustible de convencional existen dos grandes ramas.

- **Sistemas de inyección indirecta:** el combustible se inserta fuera de la cámara de combustión, por el conducto de admisión. Se realiza por aspiración en la misma admisión y, mediante una precámara (conocida comúnmente como carburador) se introduce el combustible mezclado con el aire en la camisa de cilindro.

- **Sistemas de inyección directa:** el combustible se inserta dentro de la cámara de combustión, mediante inyectores. Se conocen varias técnicas de inyección, las más destacadas son: el sistema common rail, consiste en el uso de dos bombas, de alta, y de baja conectados por un rail común a alta presión, mientras que la bomba de baja descarga el combustible por igual en todos los inyectores regulados a su vez por electroválvulas, otra técnica conocida, es el método inyector-bomba, dentro de estos los más conocidos son: inyector-bomba unitario, inyector-bomba TDI, inyector-bomba PPE, inyector bomba PPD.

En el motor que se ha usado para este trabajo, se conoce que es un motor Diesel de un cilindro y con un sistema de inyección directa de inyector-bomba unitaria.

2.3.2 Sistemas de inyección gas

En este tipo de inyección cabe destacar que es necesario en cualquier caso el uso de un mínimo de combustible líquido (gasolina o gasoil). Aún así, existen tres tipos de adaptaciones para el uso de estos.



- **Inyección directa:** son sistemas muy precisos y efectivos gracias a la correcta regulación de las electroválvulas. Sin embargo, tienen un coste elevado debido a la adaptación sobre el sistema de inyección

- **Inyección indirecta:** son sistemas de fácil adaptación por lo que son relativamente económicos. Sin embargo, la cantidad de gas depende de la regulación de aspiración de aire, por lo que, se precisa de una correcta calibración.

- **Inyección mixta:** usa ambos métodos para reducir el uso de combustible líquido y mejorar el rendimiento con respecto a los otros dos anteriores.

En este caso, se tiene un sistema de inyección mixta, ya que para obtener el correcto funcionamiento de nuestro motor Robin, se precisa de una mínima cantidad de Diesel mediante el sistema de inyección. Por otro lado, se ha diseñado un tubo de Venturi que realiza la función de disminuir la presión para aumentar la velocidad de aspiración en ese tramo para garantizar la entrada de la mayor cantidad de gas en la cámara. Este sistema se encuentra detallado en el apartado de diseño.



3. DISEÑO

En este apartado se describirán los métodos y herramientas necesarias, así como, conceptos teóricos necesarios para el correcto desarrollo de los sistemas requeridos para el Proyecto.

3.1 Panel de control

Es importante entender el dispositivo y el funcionamiento que requiere la regulación correcta del motor dual. Para ello, se pone en conocimiento los diferentes tipos de elementos que formarán parte y en base a que parámetros debemos seleccionarlos. Se tiene en cuenta el tipo de fluido que se usará, en este caso gases derivados del petróleo. Por lo tanto, se debe hacer una instalación que pueda contener este tipo de gases, por eso, el equipo de medición debe ser de cobre, latón o acero inoxidable.

3.1.1 Rotámetro o caudalímetro de área viable

Se trata de un elemento medidor de flujo que utiliza un tubo transversal de área variable. Se basa en la ley de continuidad, en la que establece que la masa que fluye a través de un conducto permanece constante a lo largo del tiempo.

El elemento flotante se eleva debido a la presión del fluido y se estabiliza en una posición donde la fuerza de flotación se iguala a la fuerza de arrastre. La altura a la que se eleva el flotador es proporcional al caudal.

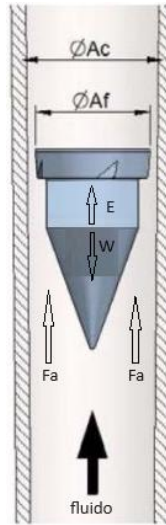


Figura 3.1 Esquema básico de un rotámetro

El rotámetro se calibra para un gas en concreto. Sin embargo, como en este Proyecto se van a utilizar varios tipos de gases, se ha implementado un método de ajuste de caudal equivalente al caudal para el que inicialmente está diseñado este rotámetro, que es para propano.

Para ello, se parte de la ecuación de equilibrio de fuerzas que soporta el flotador, donde por análisis dimensional se comprueba que la fuerza de empuje puede ser considerada despreciable.

$$\sum F = 0 \rightarrow -W + E + F_a = 0 \quad [N]$$

$$\frac{W}{E} = \frac{\rho_{flot} V g}{\rho_{GLP} V g}$$

Teniendo en cuenta que el flotador es de aluminio, la densidad de este es varios ordenes superiores a la densidad del gas, por lo que el empuje (E) se puede despreciar. Por tanto, se considera que la fuerza de arrastre (Fa) es igual al peso del flotador (W). Además, conocidas las temperaturas y presiones de entrada (T1, P1) y salida (T2, P2) de las lecturas de los



elementos del panel, y considerando que estas mediciones son justo a la entrada y salida del rotámetro, mediante el uso de la ecuación de Bernoulli, se obtiene un gradiente constante de velocidad del gas (Δv_g) en función de la densidad del gas en uso y de la altura del rotámetro (H_t).

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho_g v_1^2 + \rho_g g z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho_g v_2^2 + \rho_g g z_2 \quad [N/m^2]$$

$$\Delta v_g = \sqrt{\frac{2}{\rho_g} (P_1 - P_2) + 2\rho_g g H_t} \quad [m/s]$$

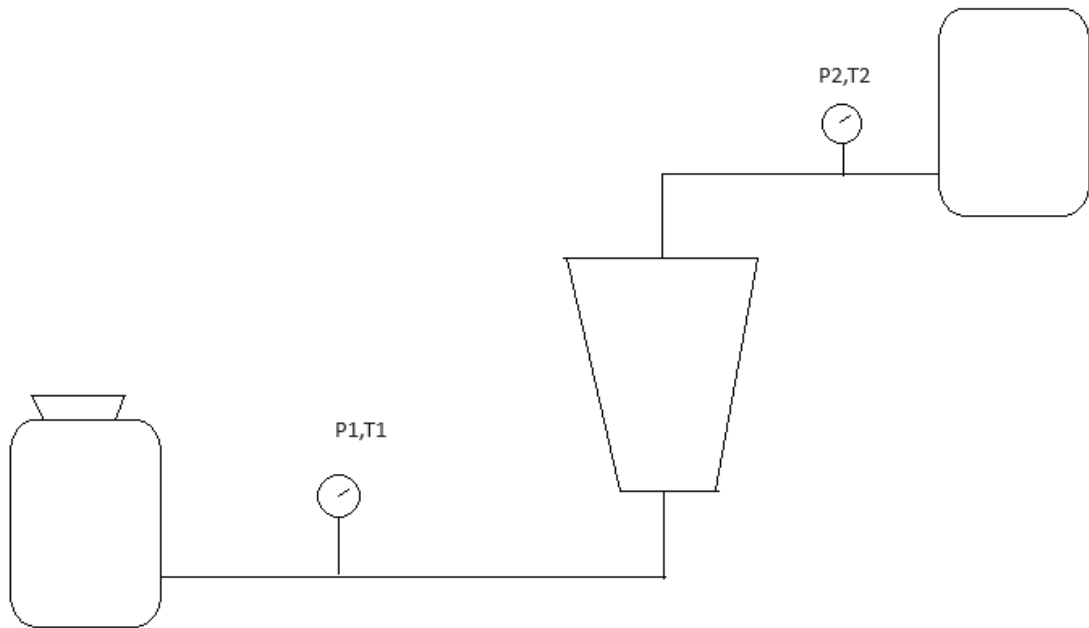


Figura 3.2 Dibujo apoyo para entender la ecuación de Bernoulli

Con eso y la lectura del rotámetro tendríamos dos flujos másicos uno equivalente de propano (medido por el rotámetro $\dot{m}_{eq}$) y otro con el caudal real de gas ($\dot{m}_{real}$) de tal modo que:

$$\dot{m}_{eq} = \rho_p v_p A_l \quad [kg/s]$$



$$\dot{m}_{real} = \rho_g \Delta v_g A_l \quad [kg/s]$$

Partimos de la base de la figura 3.1 donde $A_l = A_c - A_f \quad [cm^2]$ teniendo en cuenta que el área del flotador es constante pero el área del cono no por el teorema de Tales, se tiene un método para obtener el radio del área del cono en función de la altura.

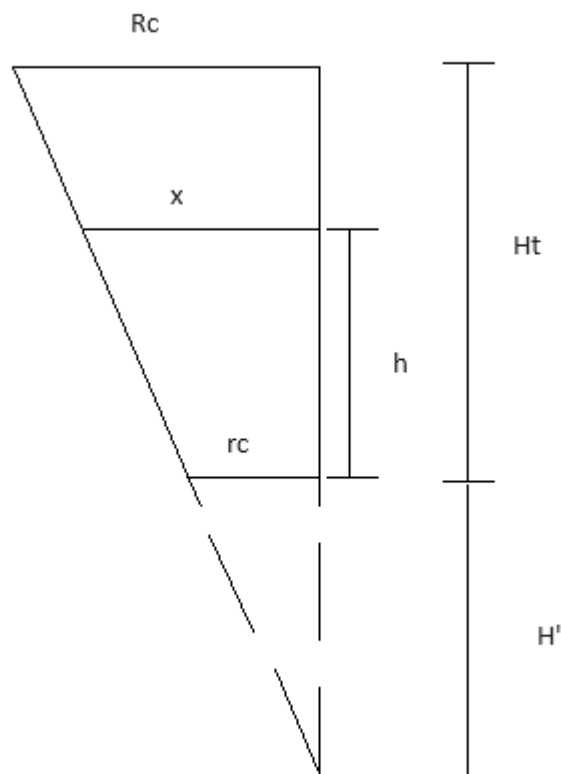


Figura 3.3 Triángulo de tales que representa el rotámetro

donde:

H_t es la altura total del rotámetro [mm]

H' es la sección hasta llegar a la cúspide [mm]



h es la altura a la que llega el flotador [mm]

r_c radio inferior [mm]

R_c radio superior [mm]

x radio del cono a una altura h [mm]

$$h' = \frac{r_c H t}{R_c - r_c} \quad [mm]$$

$$x = \frac{r_c (h + h')}{h'} \quad [mm]$$

$$A_l = A_c(h) - A_f = \frac{\pi}{4} (2x^2 - D_f^2) \quad [cm^2]$$

Por otro lado, es necesario estimar el rango de caudales necesarios para operar con el motor. Para ello, se necesita conocer el poder calorífico de cada gas y los datos técnicos del motor Robin como volumen unitario ($230cm^3$), relación de compresión (21:1), potencia neta, dosado y consumo específico de combustible a 3600 y 2500 rpm. Estos tres últimos parámetros se han obtenido a partir de sus curvas características prestadas del manual de instrucciones del banco de ensayos.

Tabla 3.1 Poder calorífico de los gases de estudio

Hu (kJ/kg)	
Propano	46367
Butano	45765
Gas pobre	4500

Tabla 3.2 Parámetros obtenidos de las gráficas de la figura 3.4

RPM	Ne (kW)	F	Ce (g/kWh)
2500	2.5	1/8	820



3600	4.7	1/17	225
------	-----	------	-----

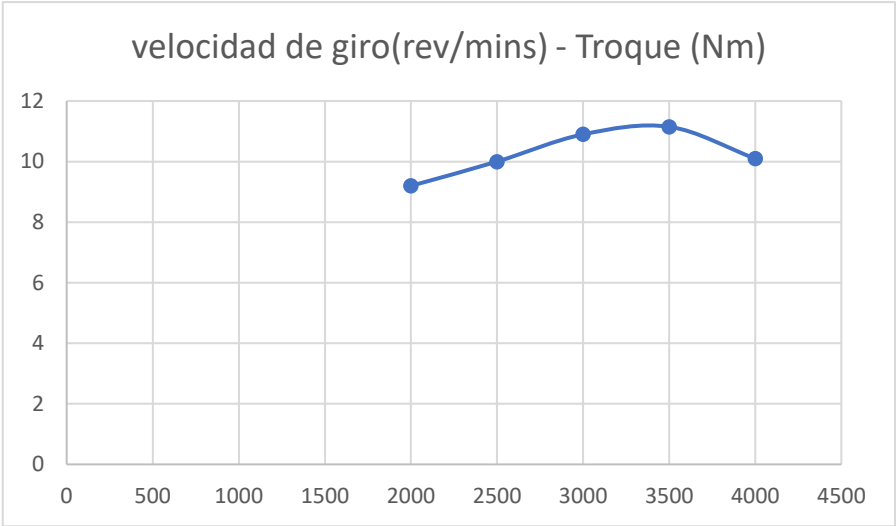


Figura 3.4 Gráfica velocidad de giro - torque

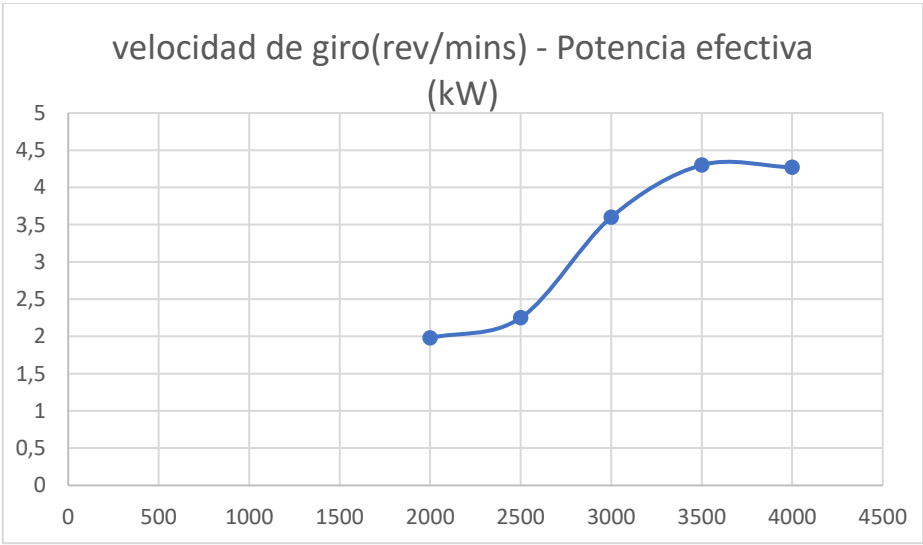
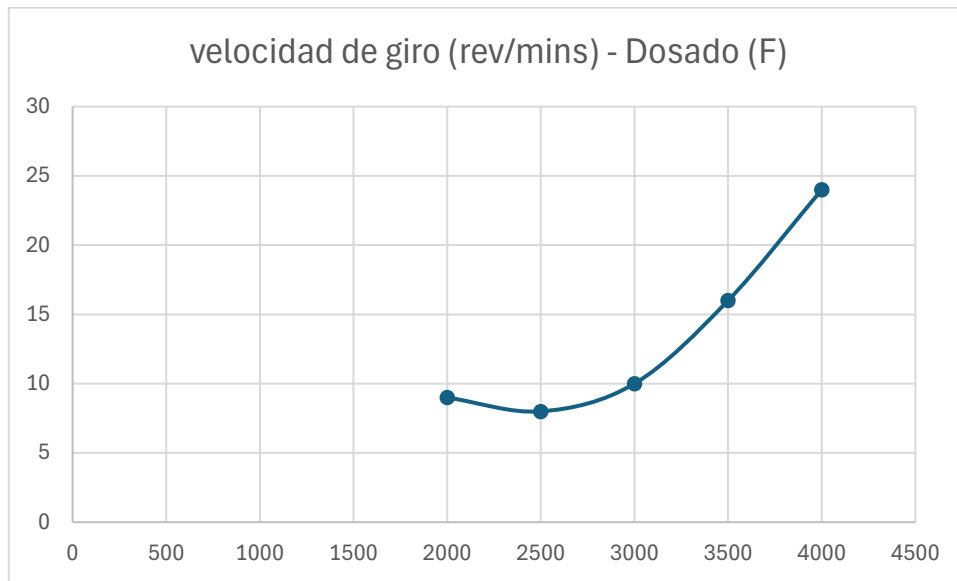
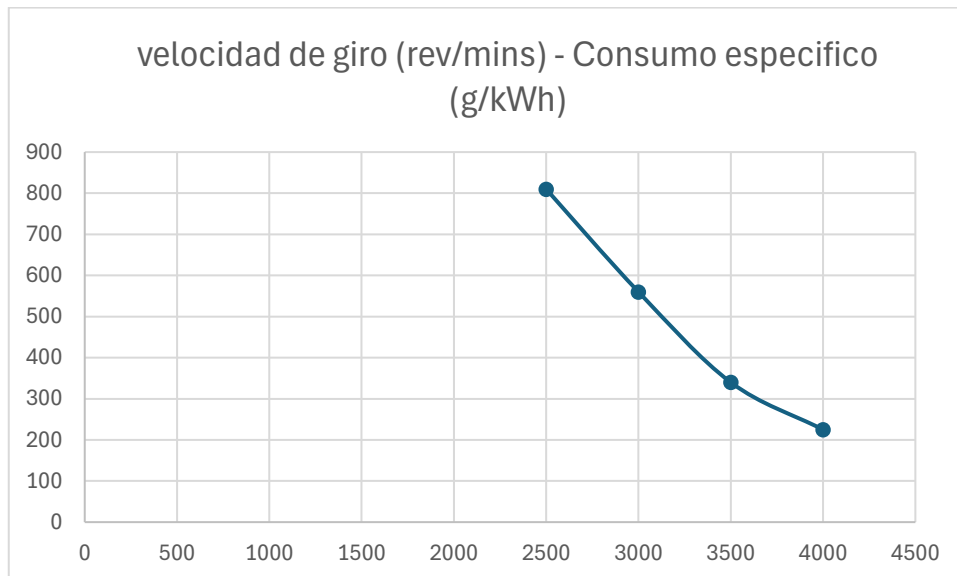


Figura 3.5 Gráfica velocidad de giro – potencia efectiva

**Figura 3.6** Gráfica velocidad de giro - dosado**Figura 3.7** Gráfica velocidad de giro – consumo específico

A continuación, se procede a hacer una simplificación general de los cálculos realizados para los distintos gases y distintas velocidades de giro, ya que se ha aplicado el mismo método para ambos.

Se necesita conocer la masa de aire ($\dot{m}_{ar}$) que se introduce en la cavidad del cilindro a esas revoluciones, de tal modo que sabiendo el consumo específico (Ce), se obtenga el flujo



másico de combustible ($\dot{m}_c$). Después, se calcula el flujo másico de aire, con el dosado (F), y el calor aportado ($\dot{Q}_c$) por el combustible Diesel con el poder calorífico (Hu).

$$Ce = \frac{\dot{m}_c}{Ne} \left[\frac{g}{kWh} \right] \rightarrow \dot{m}_c = Ne * Ce \quad [kg/s]$$

$$F = \frac{\dot{m}_c}{\dot{m}_{ar}} \rightarrow \dot{m}_{ar} = \dot{m}_c * F \quad [kg/s]$$

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_c * Hu \quad [kW]$$

Por otro lado, se calcula la densidad del aire para implementar un cambio de unidades y pasar de flujo másico a caudal.

$$PV = mRT \quad [J] \rightarrow \rho_{ar} = \frac{m}{V} = \frac{P}{RT} \quad [kg/m^3]$$

De tal modo que:

$$\dot{V}_{ar} = \frac{\dot{m}_{ar}}{\rho_{ar}} \quad [m^3/h]$$

El calor aportado por el combustible Diesel debe de ser equivalente al calor aportado por el combustible gas para que se mantenga la misma potencia efectiva a esas revoluciones de, tal modo que podemos obtener el flujo másico del gas y de igual modo al aire obtener su caudal.

Con todas estas observaciones se han obtenido los resultados que muestra la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Resultados de caudales según el gas de estudio

	Q(m³/h) n=3600	Q(m³/h) n=2500
Propano	0,9660	0,498
Butano	0,754	0,389
Gas pobre	16,56	8,545



3.1.2 Dimensionado de tubería

Para este apartado ha sido necesario usar la fórmula de Renouard Cuadrática. Las fórmulas de Renouard aparecen recogidas en diversos textos de referencia, como la norma UNE 60621, y los Manuales de Instalaciones Receptoras de Cepsa o de Gas Natural.

$$P_1^2 - P_2^2 = 51.5 * \rho * Le * Q^{1.82} * D^{-4.82}$$

Sabiendo que:

P1, P2 presiones absolutas de entrada y salida [bar]

ρ densidad de cálculo (densidad relativa frente al agua) **adimensional**

Le longitud de tramo [m]

Q caudal [m³/h]

D diámetro de tubería [cm]

Tabla 3.4 Resultados de diámetro de tuberías según caudales de gases

PARA n = 3600	diámetro tubería tramo 1 (cm)	diámetro tubería tramo 2 (cm)
Propano	0,5664	0,5013517069
Butano	0,5394542664	0,4775221613
Gas pobre	1,256405168	1,377721905
PARA n = 2500	diámetro tubería tramo 1 (cm)	diámetro tubería tramo 2 (cm)
propano	0,4410	0,5013517069
butano	0,4201710148	0,4775221613
Gas pobre	1,212332833	1,377721905



De este modo, se obtiene el diámetro de tubería mínima que se necesita para la instalación, para dejar suficiente margen se han precisado tuberías de cobre de 18mm.

3.1.2 Diseño en SolidWork

Una vez sabemos las medidas de todos los elementos y los cálculos teóricos están desarrollados comienza la fase de diseño. Para este Proyecto se ha elegido el programa SolidWork, debido a su alta eficiencia computacional para el diseño de piezas tan meticulosas. Cabe resaltar que ha sido necesario hacer esquemas y bocetos previos para poder implementarlo en 3D, dicho lo cual procedemos a mostrar las distintas piezas y el resultado final ensamblado del esquema de nuestro panel de control.

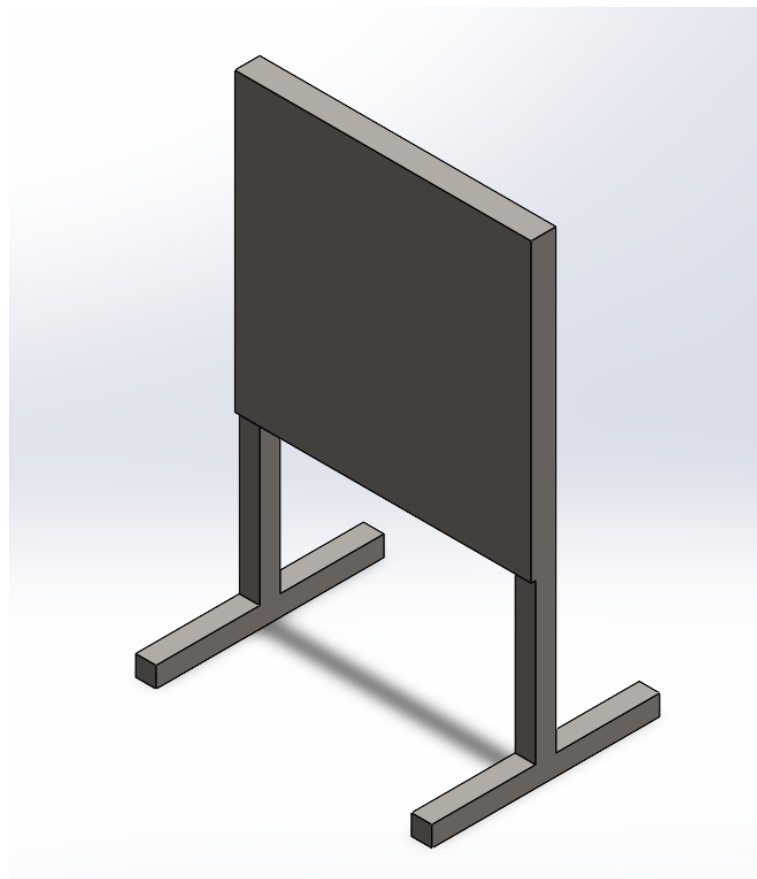


Figura 3.8 Soporte del panel de control

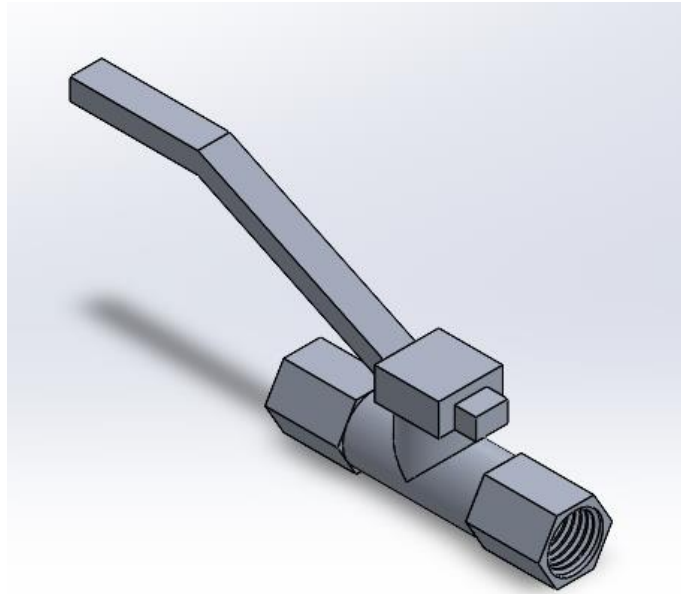


Figura 3.9 Válvula de bola

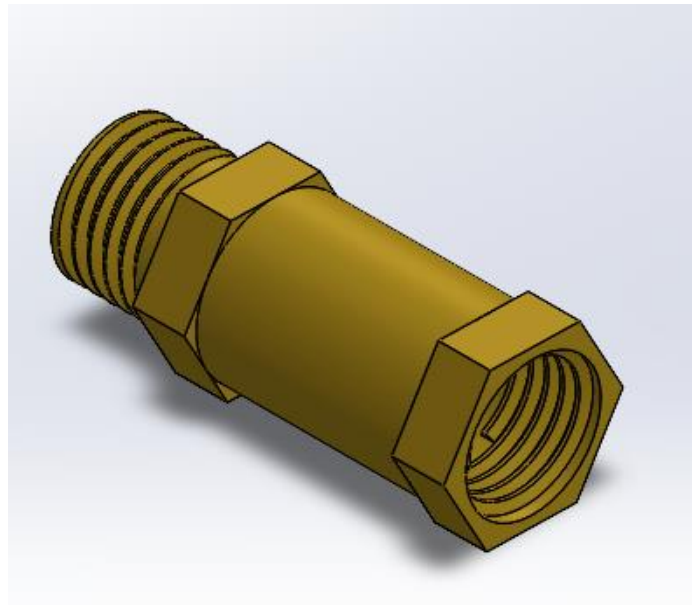


Figura 3.10 Válvula arresta-llamas

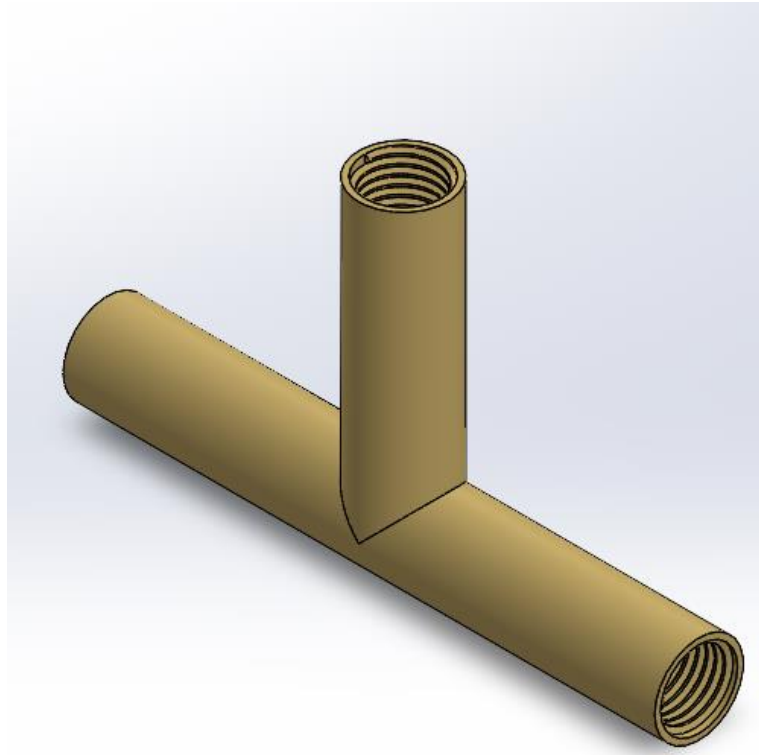


Figura 3.11 Unión en T de latón

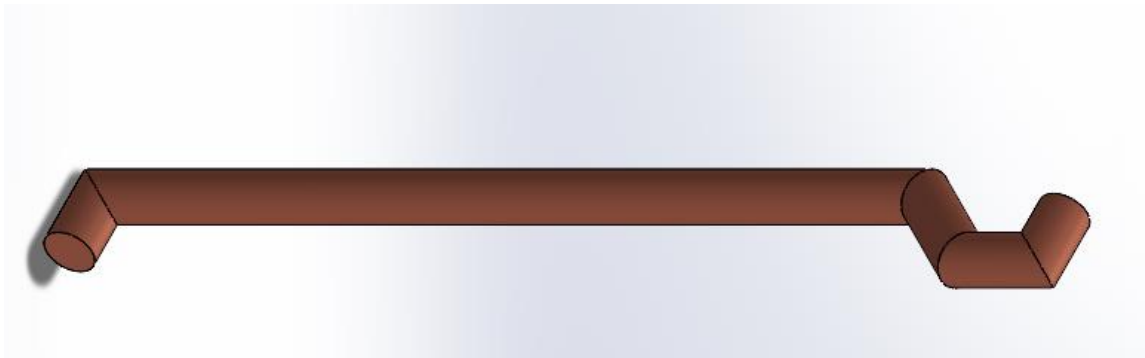


Figura 3.12 Tubería de cobre

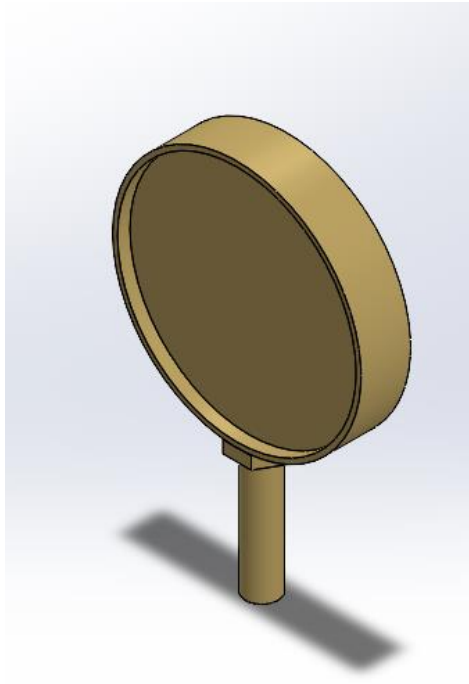


Figura 3.13 Termómetro analógico de latón

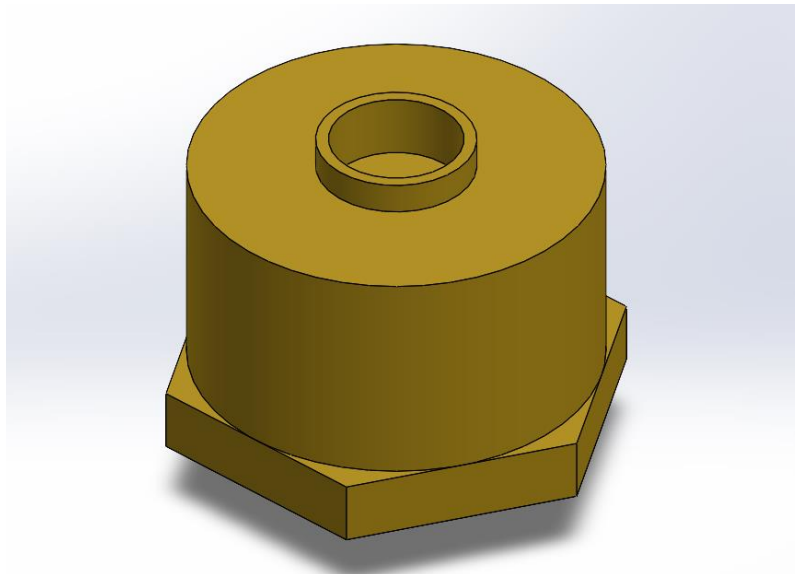


Figura 3.14 Purgador de latón

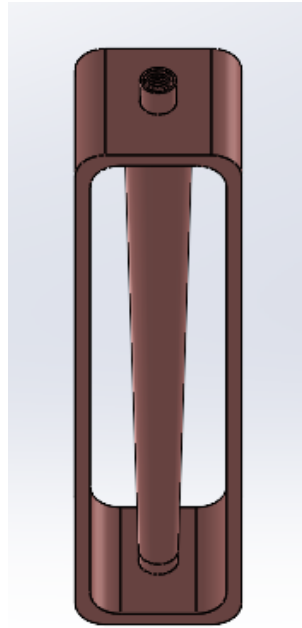


Figura 3.15 Rotámetro o caudalímetro de sección variable

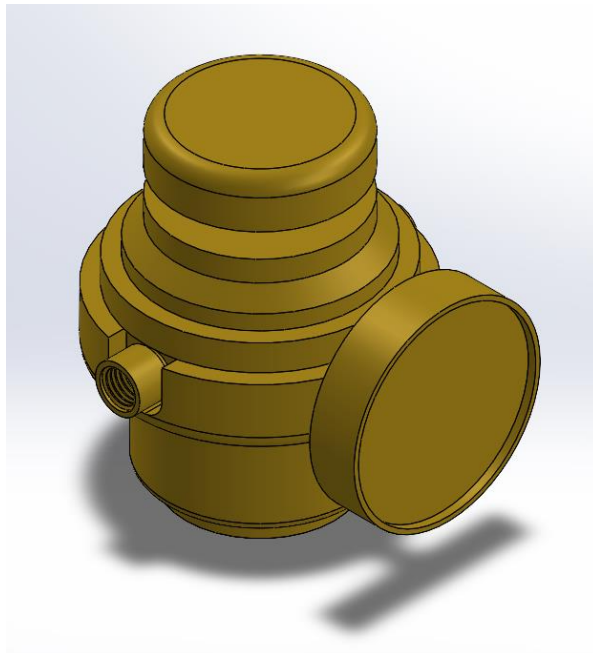


Figura 3.16 Manorreductor con lector de presión de latón



Una vez creados todos los elementos, queda la fase de ensamblaje donde como en un puzzle toca encajar todas las piezas. Para ellos son necesarias herramientas como **“insertar componentes”** el cual nos permite insertar todas las piezas creadas anteriormente, **“relación de posición”** que determina la unión entre elementos, algunos detalles de esta herramienta son la fijación del panel de control, y así, elegirlo como pieza principal para que el resto de elementos se muevan en función del movimiento de la placa, **“mover componente”** sirve para desplazar algún elemento por si necesita una segunda relación de posición y no se alcanza alguna geometría de la pieza, ya sea porque esté en su interior o quede oculta a la vista en la que estemos trabajando.

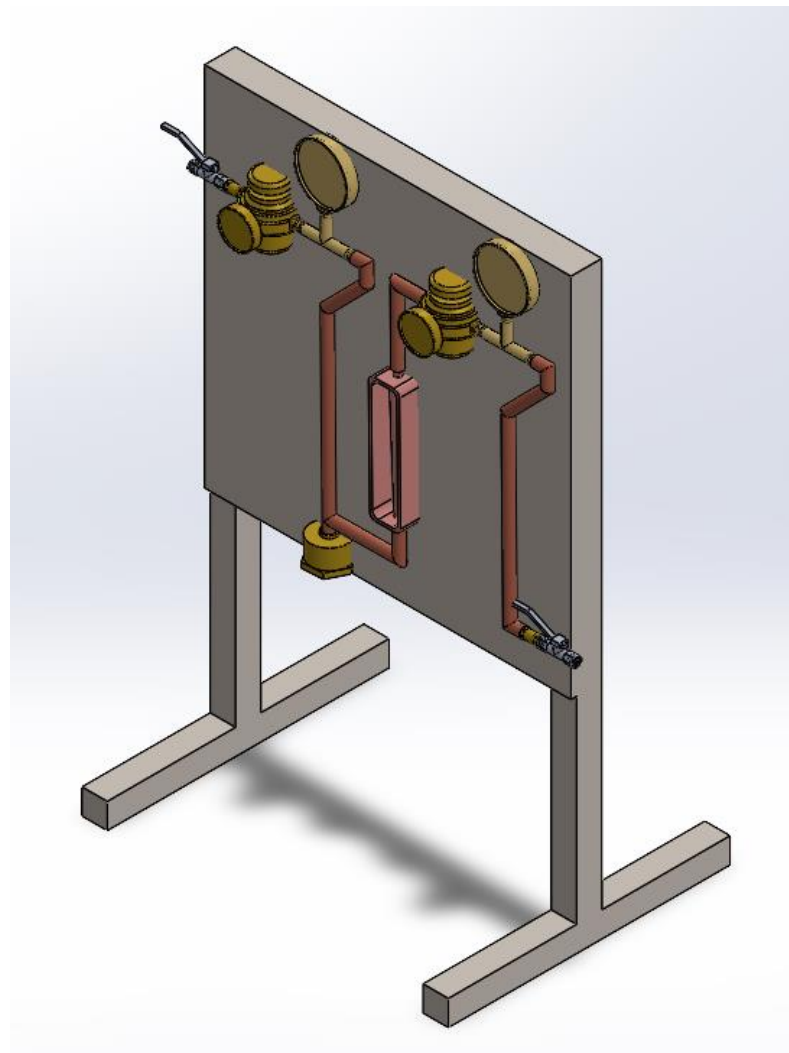


Figura 3.17 Panel de control (vista isométrica)

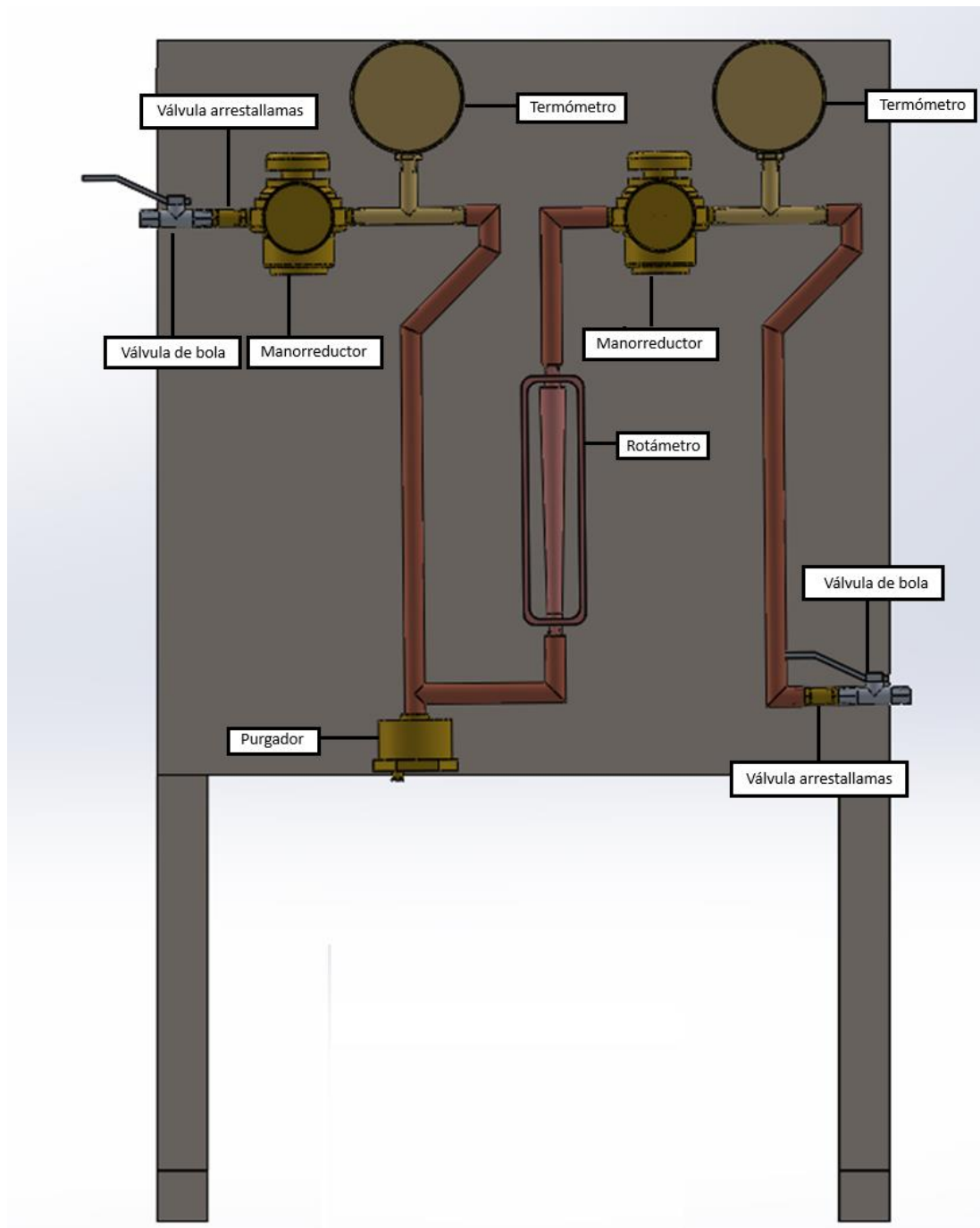


Figura 3.18 Panel de control (vista frontal)

Debemos tener en cuenta que, este panel es un diseño orientativo, y dista un poco de la realidad, ya que hay elementos muy complejos de recrear como son las uniones y los racores, además, es imposible que las tuberías tengan esos tipos de codos ya que la soldadura con cobre es muy tediosa y compleja y no permite hacer ese tipo de codos a 90°.



Para el posterior montaje de la instalación se requiere un plano de medidas con el que operar, por lo que es necesario una vez terminado el proceso de ensamblaje obtener los planos con los que el alumno trabajará para el correcto montaje de este sistema. De este modo, el plano incluye una tabla de materiales para facilitar el entendimiento de este plano, a parte de el uso de cotas pertinentes.

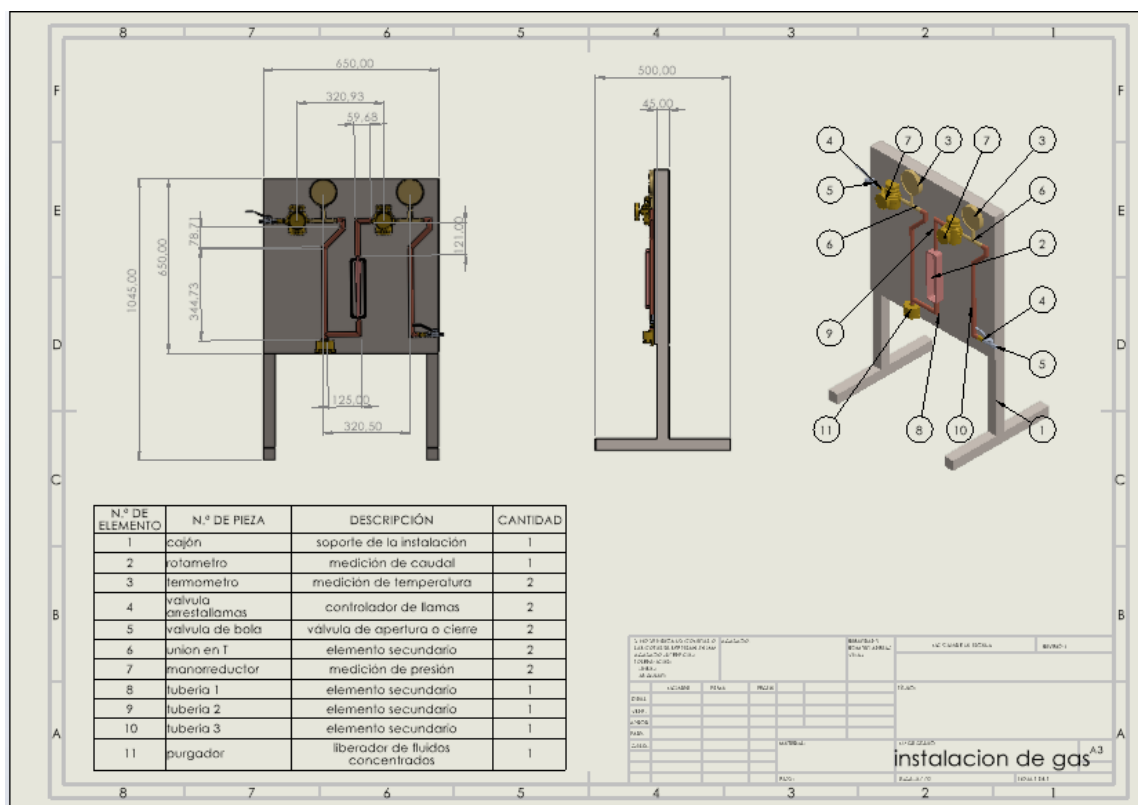


Figura 3.19 Plano del panel de control

3.2 Tubo de Venturi para el sistema de admisión

Para implementar este sistema, se ha necesitado un estudio de la boca de admisión y la boca del filtro del aire y se ha diseñado la pieza anteriormente mencionada en el apartado 2.3.2. A continuación, se muestra como mediante una foto se ha vectorizado el filtro de admisión en AutoCAD para su posterior mecanizado.



Figura 3.20 Boca del filtro del aire

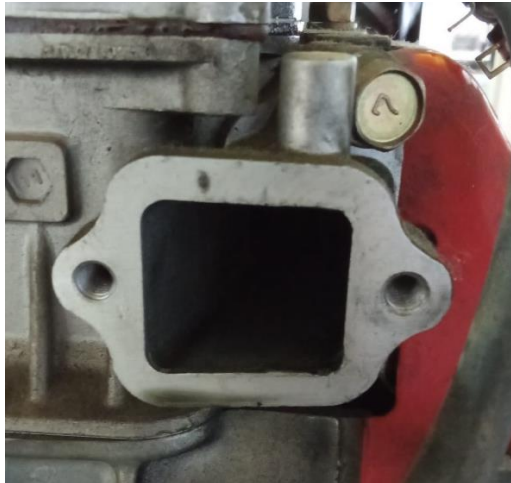


Figura 3.21 Entrada a la cámara de combustión

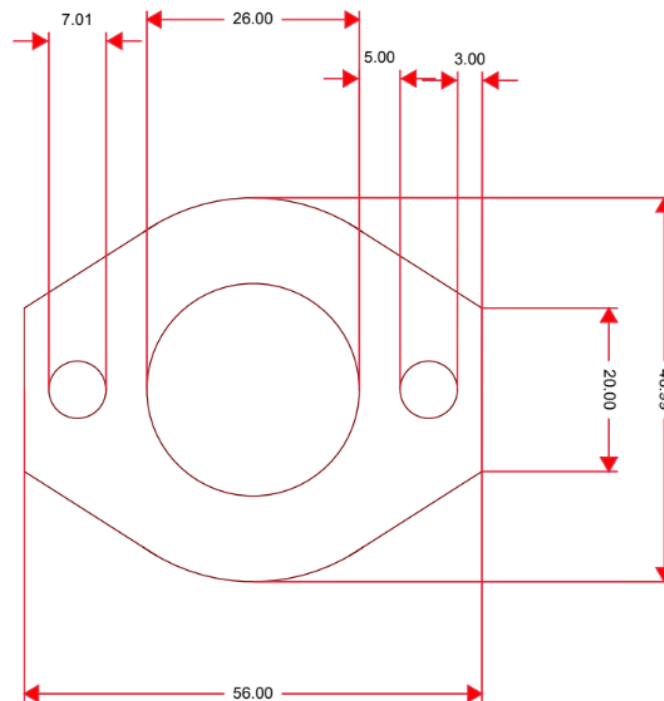


Figura 3.22 Vectorización de la boca en AutoCAD

Una vez se tiene las medidas necesarias, empieza a diseñar el tubo que se dispondrá entre medias de ambos elementos. Para ello, usamos el programa SolidWork no solo para diseñar la pieza, sino también, para sacar los planos pertinentes para su correcto mecanizado. Debemos tener en cuenta que, esta pieza a diseñar tiene un sistema un tanto complejo, ya que son tres cilindros, dos embutidos dentro de uno, de tal modo, que queda una cavidad por donde se inyectará el gas y se podrá regular mediante nuestro panel de control.

En motores de combustión interna es muy común usar el tubo de Venturi como dispositivo de regulación de la admisión aire-gas (sistema de inyección indirecta). Esta pieza se basa en el fundamento teórico del sistema Venturi, con la particularidad de que al final del cuello se encuentra la cavidad por donde el aire aspirará al gas hacia la cámara de combustión.

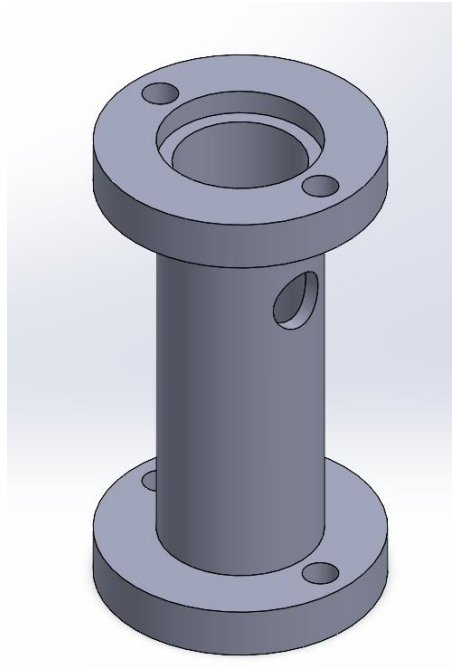


Figura 3.23 Tubo exterior

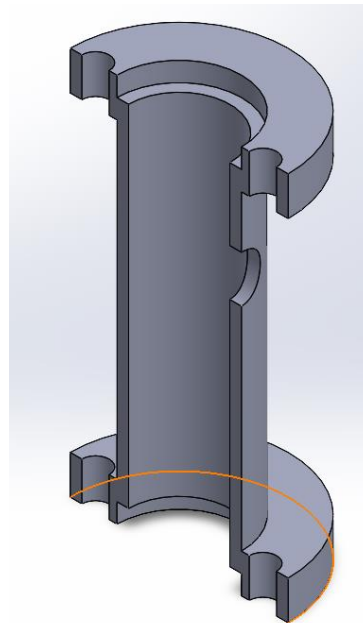


Figura 3.24 Sección del tubo exterior

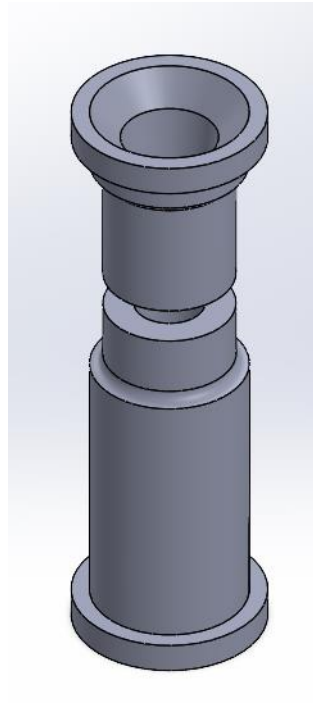


Figura 3.25 Tubos interiores

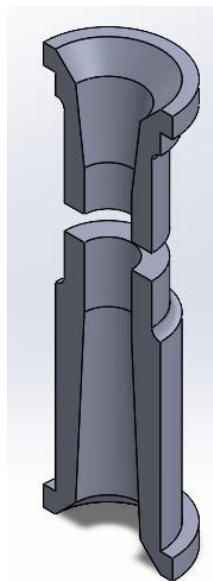


Figura 3.26 Sección del tubo interior

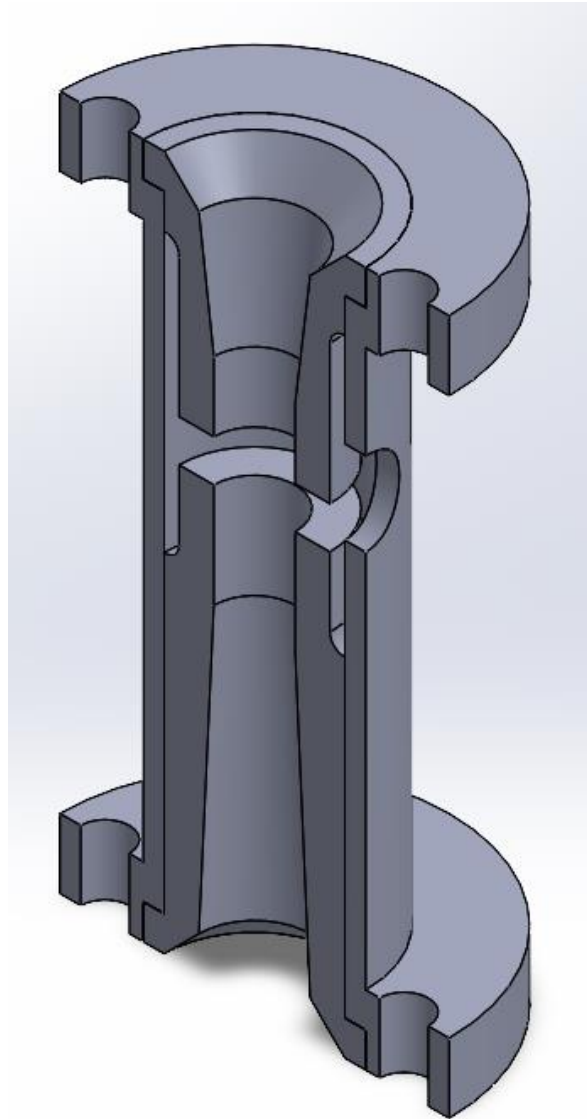


Figura 3.27 Ensamblaje y sección del tubo de admisión

Una vez completado todo este proceso, solo quedaría el desarrollo de los planos para el posterior mecanizado en el torno. Hay que recalcar que, aunque el ensamblaje y el diseño se han realizado por el alumno, el mecanizado en torno ha sido realizado por el técnico de la universidad.

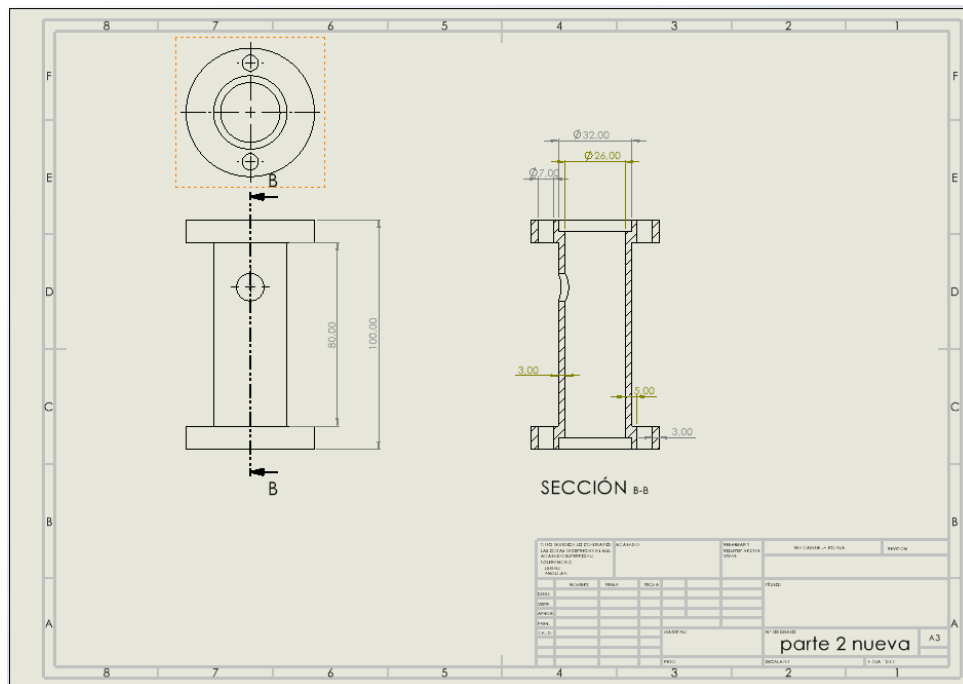


Figura 3.28 Plano del tubo exterior para mecanizado

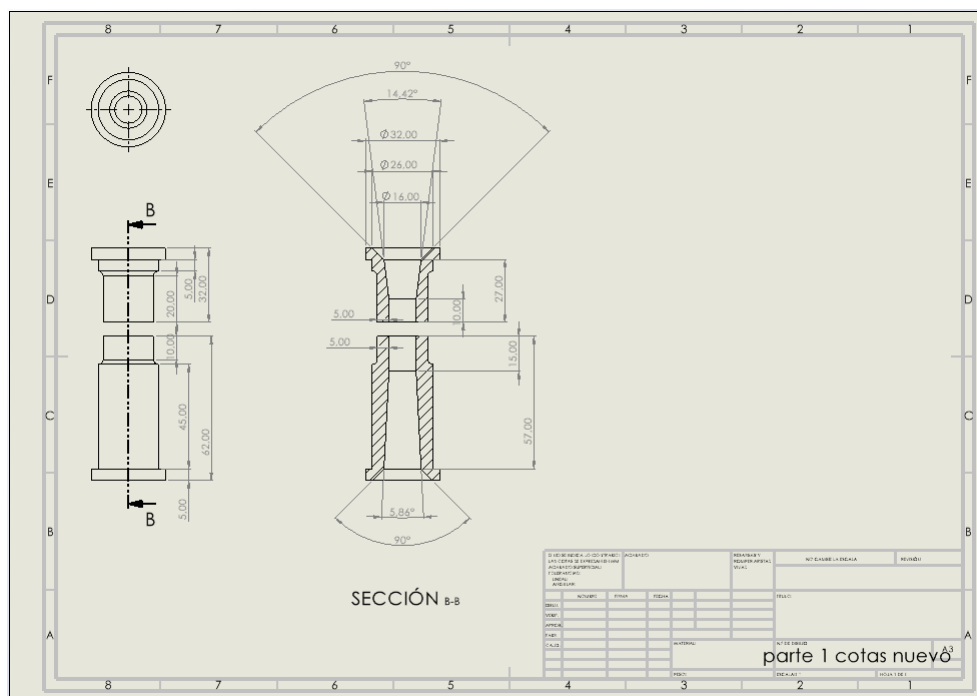


Figura 3.29 Plano de los tubos interiores para mecanizado



Para hacernos una idea de como queda este sistema en el motor se ha diseñado un embolo, pistón, cigüeñal, filtro de aire, etc sencillo para ver como quedaría la admisión del motor Diesel con la adaptación.

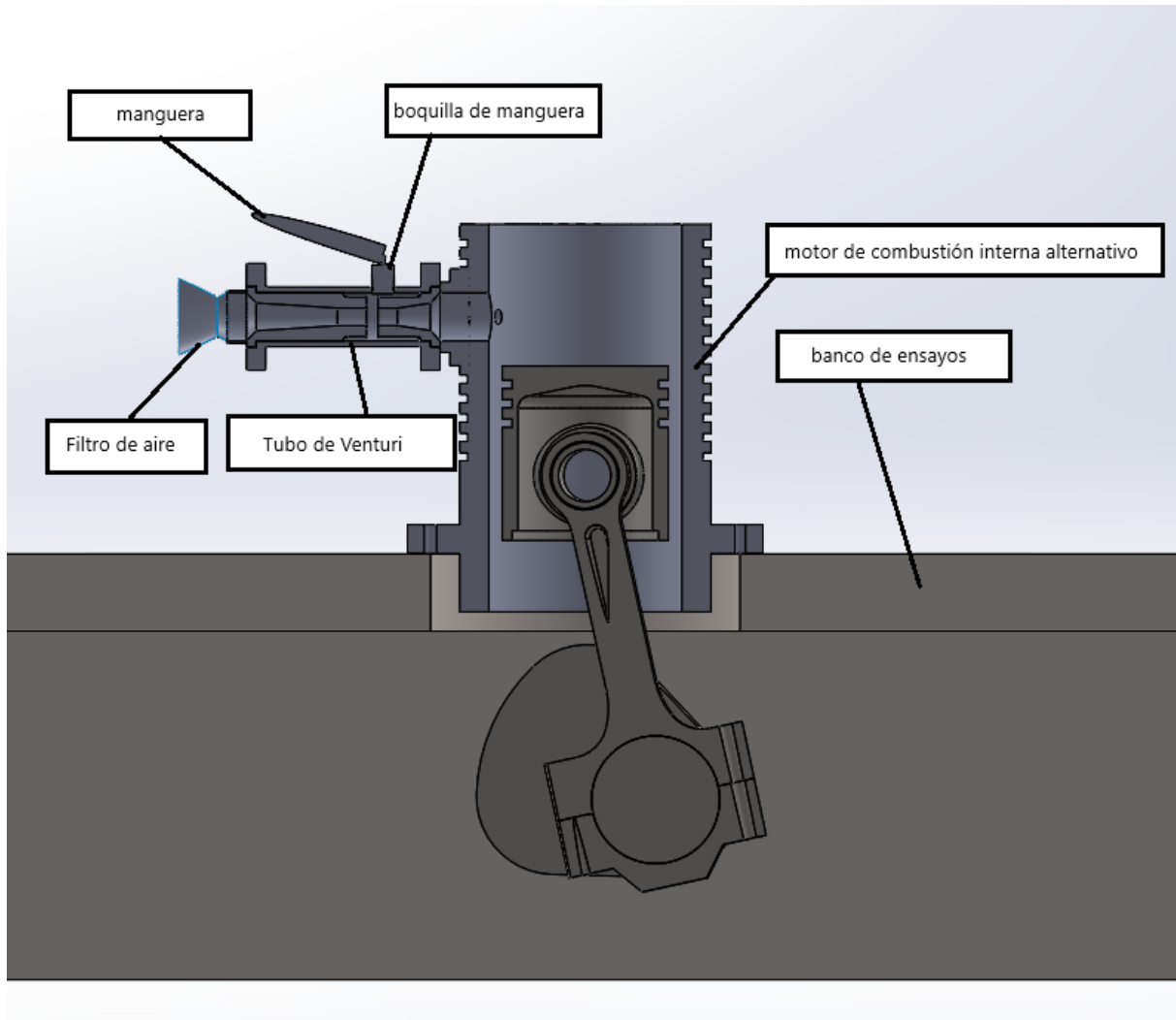


Figura 3.30 vista de sección del sistema de admisión

Con esta vista nos hacemos una idea de como quedaría el sistema de admisión, de manera que se pueda clarificar lo máximo posible como se consigue inyectar gas en el émbolo con un sistema de inyección indirecta.



La figura 3.30 muestra un esquema de un sistema de motor de combustión interna alternativo, con varios componentes clave etiquetados. Se procede a desarrollar una descripción detallada basada en los elementos visibles:

1. **Manguera:** Conectada a una boquilla de rosca de 1/2". Esta manguera está diseñada para transportar gas hacia el sistema. El gas fluye desde la manguera hacia el motor a través del panel.
2. **Boquilla de manguera (rosca de 1/2"):** Conecta la manguera al sistema y regula el paso del gas. La boquilla, al tener una rosca de 1/2", asegura una conexión segura y estanca.
3. **Filtro de aire:** Ubicado en el sistema de admisión, el filtro limpia el aire que ingresa para la combustión, eliminando partículas que puedan dañar el motor o afectar el rendimiento.
4. **Tubo de Venturi:** Se usa para medir o controlar el flujo de aire o gas en el sistema. La forma del Venturi genera una disminución de presión en el punto estrecho, lo que ayuda a mezclar el aire con el gas para la combustión.
5. **Motor de combustión interna alternativo:** Este motor utiliza un pistón alternativo que convierte la energía liberada por la combustión del gas en energía mecánica. El pistón es claramente visible, junto con la biela que lo conecta al cigüeñal.
6. **Banco de ensayos:** El motor está montado en un banco de pruebas o ensayos, para realizar mediciones, de rendimiento, consumo de combustible, etc.

El gas que fluye a través de la manguera se mezcla con el aire filtrado en el tubo de Venturi antes de ingresar al cilindro del motor para la combustión.

3.3 Sistema completo

Para concluir este apartado se ha diseñado el resto de los elementos necesarios para figurarnos como sería el sistema completo, es decir, bombona de gas, mangueras, panel de control, banco de ensayos y el motor alternativo.



En la figura 3.31 se muestra un sistema que involucra el uso de gas comprimido y su conducción hacia un **motor de combustión interna alternativo (MACI)**, todo ello montado sobre un banco de ensayos.

1. **Bombona de gas:** Es el recipiente donde se almacena el gas que se va a utilizar en el sistema. Este gas será regulado y enviado hacia el sistema de admisión del motor.
2. **Panel de control:** Unidad que centraliza el control del flujo de gas. Aquí se pueden observar varios manómetros y válvulas que permiten gestionar la presión y dirección del gas hacia las mangueras que lo conducen al motor.
3. **Sistema de admisión:** Es el conjunto de componentes que introducen el gas (junto con el aire) en el motor para que se produzca la combustión. En este caso, el gas pasa por este sistema antes de ingresar al motor.
4. **Mangueras:** Conectan la bombona de gas con el panel de control y este a su vez con el motor y transportan el gas a una presión adecuada desde el manorreductor hasta el sistema de admisión del motor.

Este esquema parece estar diseñado para probar el comportamiento de un motor de combustión alternativo usando gas como combustible, con un sistema de control de presión y admisión del gas al motor.

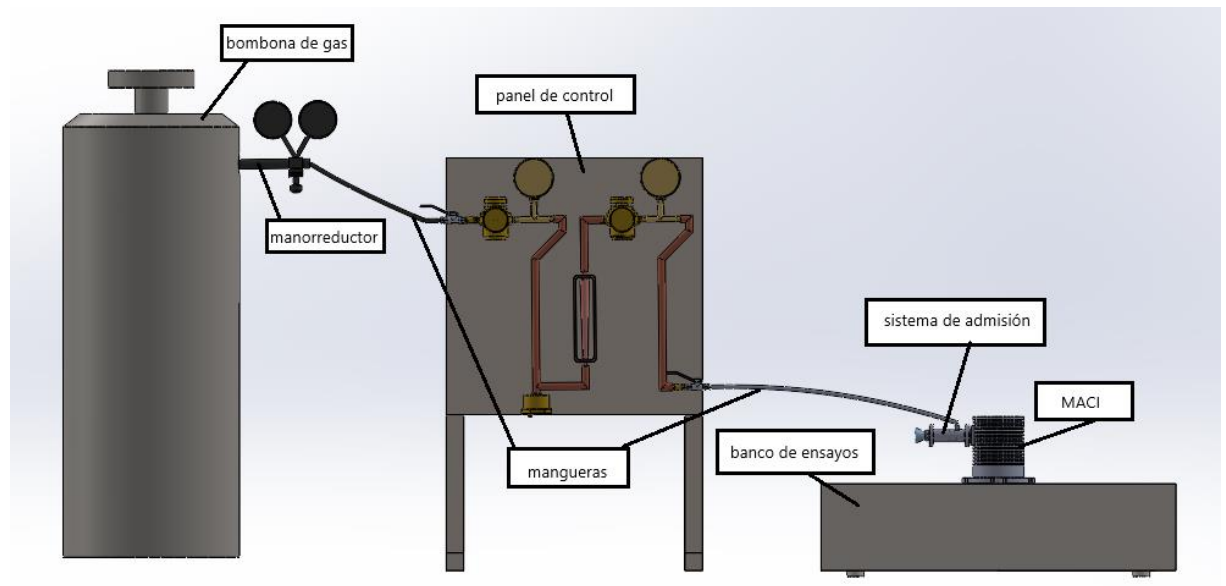


Figura 3.31 Vista frontal del sistema

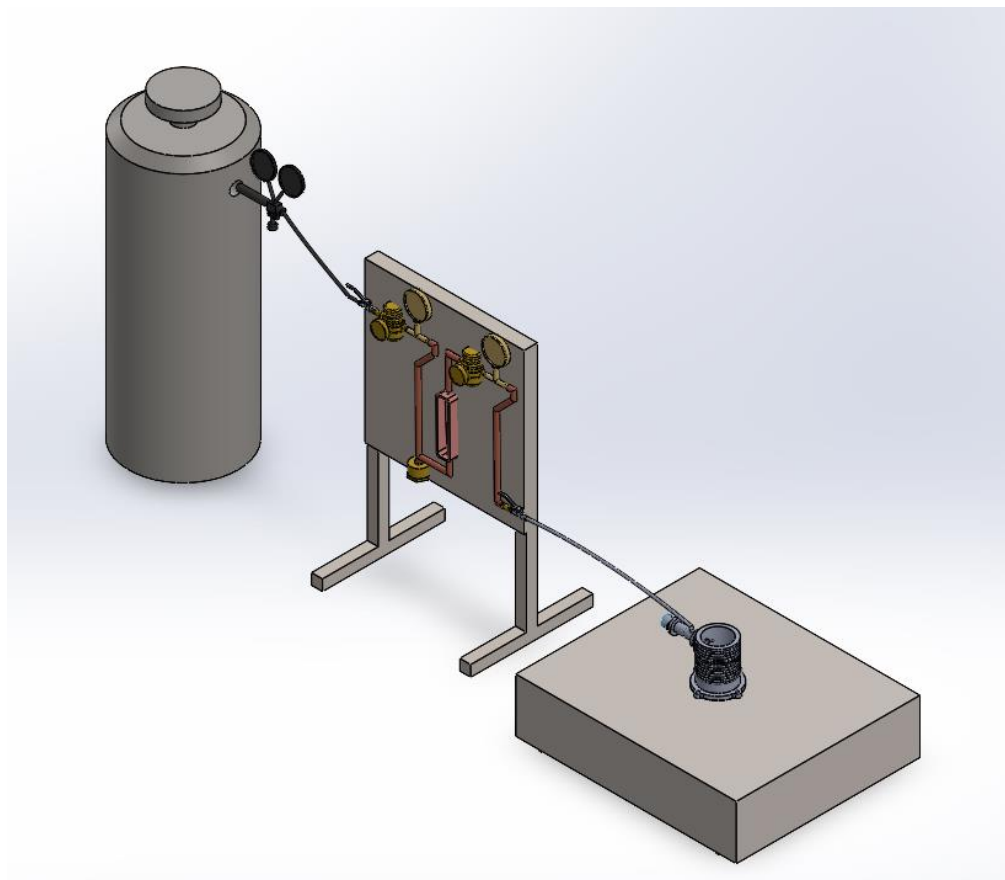


Figura 3.32 Vista isométrica

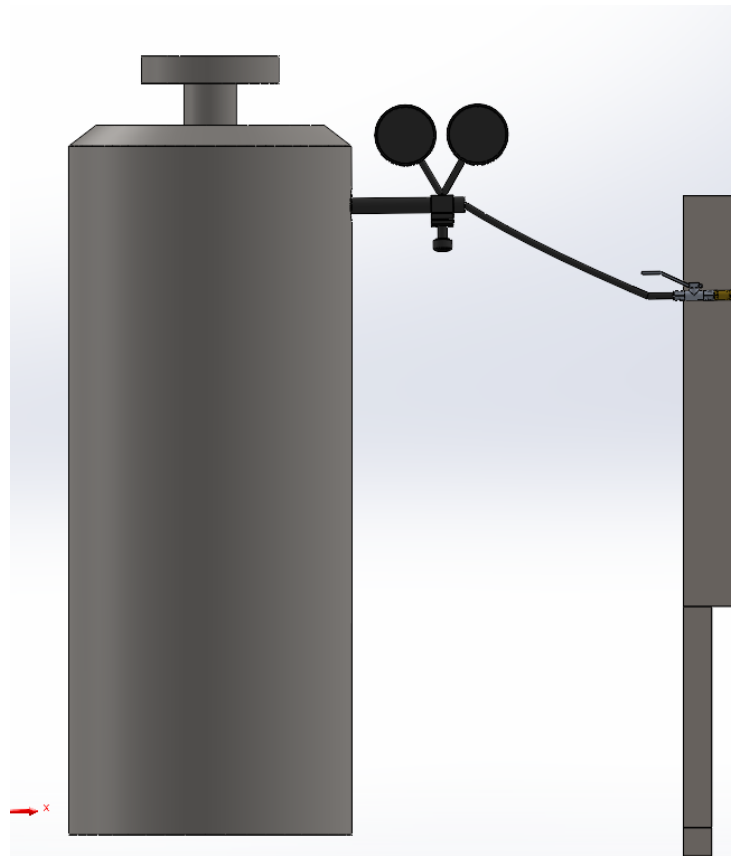


Figura 3.33 Vista detalle bombona, manorreductor y manguera

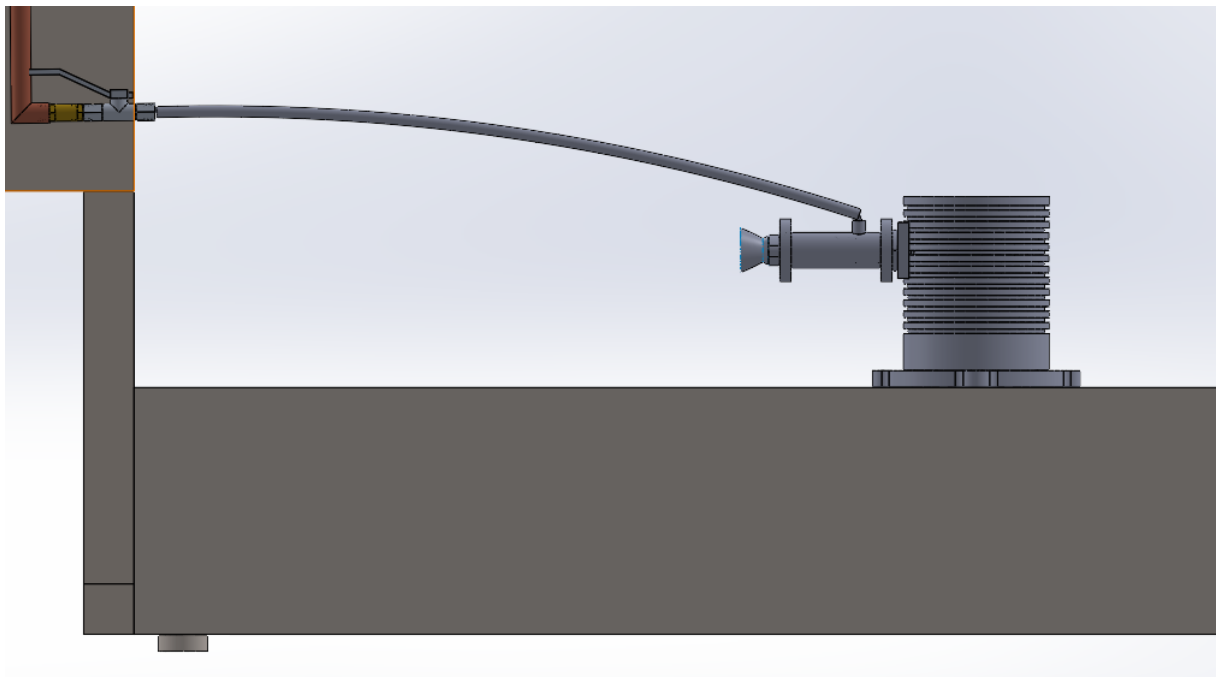


Figura 3.34 Vista detalle MACI, sistema de admisión y manguera



4 MONTAJE

Una vez concluida toda la fase de diseño y metodología de operación pasamos a la parte práctica del trabajo, el desarrollo del panel de control. Para ello, realizamos un presupuesto para saber el coste de materiales y los materiales que se requieren para completar el panel de control.

En este caso, se realizaron dos presupuestos, uno de elementos principales como rotámetro, sensores, etc.

Tabla 4.1 Presupuesto de elementos iniciales

Artículo	Ud	Referencia	Empresa	gastos de envío	precio sin IVA/ Ud	precio sin IVA	precio con IVA/Ud	precio con IVA
manorreductor TK-210 (1/2")	2	https://www.tkpres.com/reguladores-media-presi%C3%B3n	TKpres	15,00 €	160,00 €	320,00 €	193,60 €	387,20 €
Termómetro con dial RS PRO	2	https://es.rs-online.com/web/p/termometros-de-dial/3248429	RS	0,00 €	49,64 €	99,28 €	60,06 €	120,13 €
RS PRO Stainless Steel High Pressure Ball Valve 1/2 in BSPP 2 Way	2	499-2795 – ½ inch BSPP F-F	RS	0,00 €	42,79 €	85,58 €	51,78 €	103,55 €
rotámetro 60M1/AISI 316L ¼ " BSP-F	1	Oferta N° SP20240351 rev.1	TecFluid	0,00 €	282,50 €	282,50 €	341,83 €	341,83 €
Dispositivo antirretroceso de llama, para usar con Gas combustible, fijación del regulador	2	codigo RS: 918-6743 N° ref fabricante: 0764473	RS	0,00 €	44,37 €	88,74 €	53,69 €	107,38 €



					579,30 €	876,10 €	700,95 €	1.060,08 €
--	--	--	--	--	----------	----------	----------	------------

Y otro con elementos auxiliares como son uniones, tuberías, etc.

Tabla 4.2 Presupuesto de elementos secundarios

Nombre	Código	Ud	Precio/Ud	Precio
Racor recto 359GCU 18x1/2	3101812000	15	1,5517	23,2755
Racor curvo 2AGCU 18x1/2	2101812000	10	2,109	21,09
Junta plana para racores con cuello	1001200000	25	0,059	1,475
Boquilla roscada para tubo de goma	4307800000	2	3,5577	7,1154
Entronque latón roscar-roscar para contador	5800471100	6	3,3613	20,1678
Curva de 45º H-H 41CU 1/2	4724512000	10	0,7057	7,057
Abrazadera con tirafondo 18	9050180000	15	0,1766	2,649
Racor Latón MH con Purgador roscado	4131234000	1	7,0887	7,0887

Cabe destacar que todos los elementos se ajustan y han sido fabricados según las normas UNE EN 60719 y UNE EN 549/96 – GAS.

Una vez obtenidos los materiales necesarios empieza el proceso de desarrollo.

4.1 Placa de anclaje

La placa de anclaje se ha realizado a partir de vigas de duraluminio, facilitadas por el técnico de laboratorio, con un perfil cuadrado de 45x45mm, que mediante la cortadora (máquina que desempeña la función de corte de metales) se ha ensamblado la estructura que soportara nuestra instalación de gas.



Figura 4.1 Estructura/soporte de la instalación

A la estructura de la imagen 4.1 se le ancló una placa de aluminio, cortada mediante unas cizallas de mano y atornillada al soporte quedó ajustada al largo y ancho del panel, en este caso 650x650mm. Por otro lado, y para que la estructura pueda soportar todo el peso, se ha necesitado cortar tres vigas de 560 mm y dos pilares de 1000mm de largo para hacer el soporte de la estructura quedando una estructura exterior hiperestática.

Para saber como reaccionaría la placa con todos los componentes anclados a ella se ha realizado una simulación en SolidWorks para comprobar tanto los desplazamientos ocurridos en todas las componentes como las tensiones soportadas con una carga distribuida uniforme de



1kN/m (carga más que sobredimensionada ya que el peso de la instalación no se acerca a esos niveles).

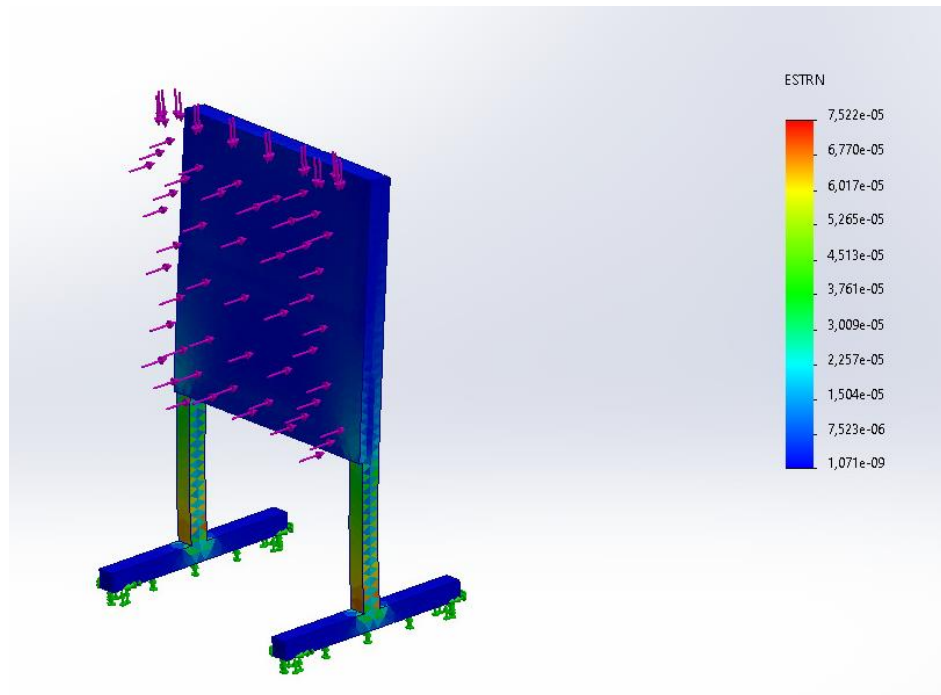


Figura 4.2 Deformación unitaria escala en $\mu\epsilon$

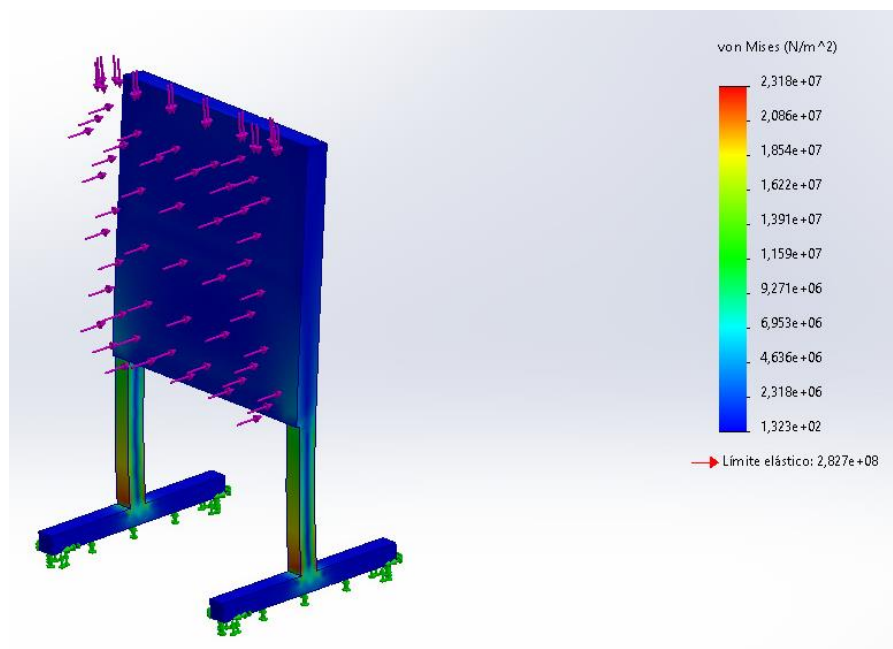


Figura 4.3 Estado tensional en N/m^2



Se puede apreciar, que pese al sobredimensionado y habiendo aplicado apoyos fijos en la estructura, la deformación máxima se producirá en el punto mas alto de la placa figura 4.2, ya que la viga intermedia evita el pandeo. Además, los elementos que más sufren son las uniones a los pilares, aunque no exceden su límite elástico de 282.7 MPa figura 4.3, por lo que la estructura no debe de dar ningún tipo de fallo a resistencia por aplicación lenta de cargas y por la ley de cumplimiento de estado elástico regida por el criterio de Von Mises.

4.2 Instalación de gas

Una vez tenemos los materiales requeridos comenzamos el proceso de montaje de la instalación, este tipo de sistemas de cobre y latón usan una soldadura con hilo de estaño y una fuente de calor en este caso con una pistola de calor. Además, se usaron elementos de seguridad como gafas y guantes.

Previamente se debe cortar la tubería con un cortatubo apretando la rosca de la cuchilla una vez por vuelta para que se haga un corte limpio, tras eso le pasa un papel de lija sobre el corte para eliminar la rebaba y limar posibles imperfecciones realizadas en el corte.



Figura 4.4 Imagen de un cortatubo



Figura 4.5 Esponja de lija para eliminar la rebaba

Una vez el tubo se ha preprocesado, se ensambla la unión que corresponda y se le aplica decapante alrededor de la unión tanto por dentro como por fuera. Esto permite calentar antes el cobre y mejora la calidad de la soldadura. Después, se procede a calentar la unión hasta que el cobre obtenga una cierta temperatura. Visualmente se puede apreciar cuando el cobre coge temperatura, pero, si por un casual no nos damos cuenta, se puede aplicar un poco de estaño y cuando se funda está listo para realizar la soldadura como en la figura 4.6.

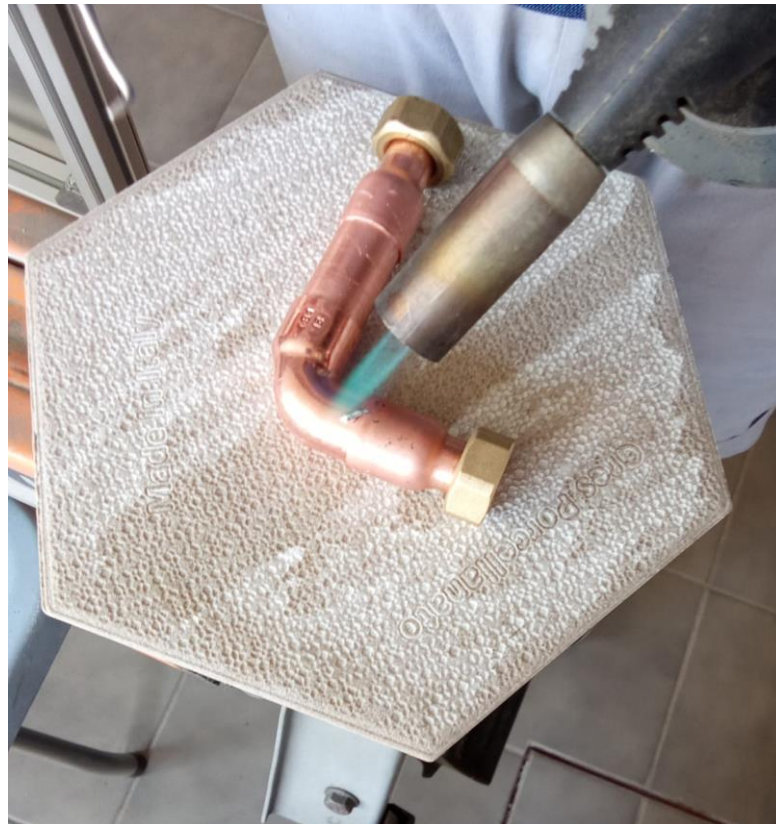


Figura 4.6 Precalentamiento de la unión de cobre



En la figura 4.7 vemos como el cobre ha cambiado el color hacia un cobre más claro. A continuación, se aplica una soldadura por puntos en la unión con la bobina de estaño y la pistola de calor. Se aplican 2 o 3 puntos máximo alrededor, de otro modo, desperdiciaríamos estaño en la soldadura.



Figura 4.7 Soldadura por puntos

Por último, se le aplica calor a dichos puntos para que se derritan y se adhieran al espacio entre el racor y la tubería. De esta manera, se cierra el espacio entre ambos, aunque, si hemos usado exceso de estaño. Las lágrimas que caigan por gravedad se acumularán en el apoyo y quedará rebaba. En la figura 4.8 el estaño se ha distribuido correctamente y no se aprecia rebaba al finalizar esta pieza.



Figura 4.8 Soldadura completada

Posteriormente, se deja enfriar y se comprueba la soldadura usando agua y jabón alrededor de la unión y aplicando un flujo de aire por compresión, si la unión burbujea la soldadura no quedó completamente sellada y se deberá repetir el proceso de soldadura, si por el contrario no ocurre nada la soldadura estará lista.

Debemos tener en cuenta a la hora de cortar tubos y hacer uniones el esquema que creamos en la fase de diseño y en las proporciones de nuestro panel, para que se ajuste todo y no haya problemas a la hora del montaje.

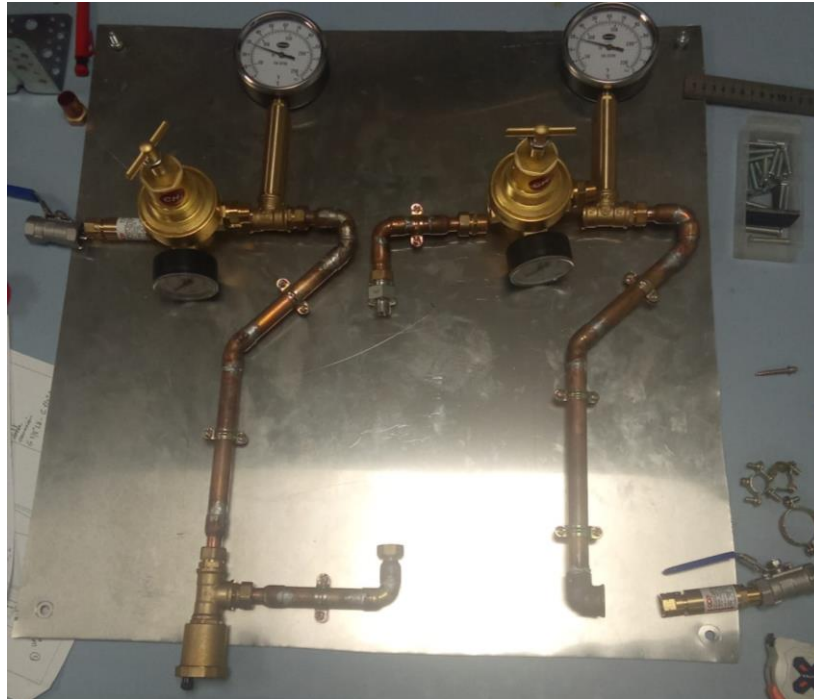


Figura 4.9 Resultado final tras la soldadura

Cabe destacar que algunos de los elementos sobresalen del panel, como son las válvulas de bola y el purgador. Esto está premeditado para asegurar el correcto funcionamiento, para que la chapa de aluminio no interfiera y se facilite su uso.

5 RESULTADOS FINALES

Este apartado no se puede concluir en estos momentos ya que el montaje de la instalación no se ha podido completar por la falta del rotámetro, el cual se ha demorado demasiado tiempo en enviar por parte de la empresa portadora.

Sin embargo, para concluirlo de una manera representativa se detalla los distintos subapartados que este apartado conllevaría a modo de resumen.

5.1 Pruebas de eficiencia con distintos tipos de gases

En este apartado se detallarían los resultados obtenidos de las distintas pruebas de gases (gas pobre, butano, propano, etc). Incluyendo tablas con distintos valores de torque, potencia



efectiva, consumo de combustible y temperaturas y presiones de referencia. Además, se podrían incluir gráficos con curvas características analizando estas desde su revolución mas baja (2500rpm) hasta su revolución más alta (3600rpm).

5.2 Análisis de humos

Con los correctos sistemas de medición de humos, podríamos comprobar la composición de los gases de escape y analizar la estabilidad de combustión y la riqueza de la misma gracias a estos resultados, describiendo así la eficiencia de los distintos gases de uso en el motor de combustión interna alternativo. Además, se puede hacer un estudio acerca de emisiones contaminantes en cuanto a la generación de dióxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NO_x).

5.3 Comportamiento térmico del motor

Una vez realizadas todas las pruebas podemos pasar al estudio transitorio del motor a medida que variamos la cantidad de Diesel con la cantidad de gases. Esto permite conocer en detalle los problemas, como pérdidas de potencia, encendido y apagado del sistema o estabilidad del mismo, que aparecen en el uso de este tipo de sistemas y el motivo de su aparición.

5.4 Comparativa del motor original y la adaptación

Este apartado concluiría con la comparación del motor original con la adaptación. Haciendo uso de las gráficas usadas en el manual de instrucciones original y con las obtenidas debido a los ensayos, se puede hacer la comparativa de uso con distintos gases junto al uso de Diesel frente al uso exclusivo de Diesel.



6 CONCLUSIONES

En este apartado se abordará el funcionamiento del motor Diesel con gases de bajo poder calorífico y que apreciaciones se han podido obtener.

En cuanto a eficiencia, se ha comprobado que al tener un poder calorífico por debajo de 10.000 kJ/kg, el motor necesita quemar mucha más cantidad de gas para recibir potencias efectivas significativas. Sin embargo, esto presenta un gran inconveniente ya que reduce el volumen de aire en el interior de la cámara, lo que provoca una combustión incompleta y un aumento considerable de monóxido de carbono (CO).

No obstante, se ha podido apreciar que la temperatura de combustión disminuye de manera notable lo que desgasta menos los componentes internos del motor al no alcanzar ciertas temperaturas.

Otro de los aspectos a considerar es la estabilidad en la combustión, dado que la densidad energética de estos gases es relativamente baja cuesta mucho mantener el encendido del motor a bajas revoluciones ya que el exceso de gas facilita que el motor se ahogue y no tenga el aire necesario para realizar en todos los ciclos la combustión.

Este experimento nos da a entender que por si solo estos gases no deben usarse como combustible primario, sin embargo, recordemos que este es un motor que inicialmente estaba hecho para combustible Diesel y mediante una correcta regulación de la bomba de gasoil podríamos disminuir notablemente el consumo de Diesel aportando cantidades precisas de gas pobre mejorando así la salida de humos y manteniendo un mejor estado interno del motor.

En resumen, introducir gases de bajo poder calorífico en motores de combustión interna afecta a la potencia, eficiencia y estabilidad del motor. Aunque con la correcta calibración de estos podríamos obtener una opción mas sostenible y económica en este tipo de motores alternativos.



MIGUEL ÁNGEL CANTERO MARÍN

ADAPTACIÓN DE BANCO DE ENSAYOS DE
MOTORES TÉRMICOS DE PEQUEÑA
POTENCIA PARA CONSUMO DE GASES
COMBUSTIBLES



7 REFERENCIAS

Palomar Carnicero, J. M., & Cruz Peragón, F. (2023). *Máquinas térmicas: Apuntes de teoría*. Universidad de Jaén, Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera.

Cengel, Y. A., Boles, M. A., Kanoglu, M., Del Valle Granados, I., Martínez Bautista, A. L., Rojas Tapia, A., Navarro Salas, R., & Astorg, E. (2019). *Termodinámica* (9.^a ed.). McGraw-Hill.

Proenza Pérez, N. (2011). *Gas pobre: Factibilidad de su uso en los motores ZIL – 130*. Ingeniería Energética, 32(3), 1-8. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.

Cho, H. M., & He, B.-Q. (2007). Spark ignition natural gas engines—A review. *Energy Conversion and Management*, 48(3), 608–618.

Sáinz Casas, D. (2014). *Adaptación de un motor de combustión interna alternativo de gasolina para su funcionamiento con hidrógeno como combustible. Aplicaciones energéticas y de automoción* (Tesis doctoral). Universidad Pública de Navarra.

Díez Bravo, M. (2016). *Motor diésel dual alimentado con biogás pobre* (Trabajo Fin de Máster, Universidad de Valladolid, España).

Atoche Sánchez, E. A. (2018). *Estudio de factibilidad de un sistema moto-generator empleando gasificación de biomasa* (Tesis de grado, Universidad de Piura, Perú).



MIGUEL ÁNGEL CANTERO MARÍN

ADAPTACIÓN DE BANCO DE ENSAYOS DE
MOTORES TÉRMICOS DE PEQUEÑA
POTENCIA PARA CONSUMO DE GASES
COMBUSTIBLES



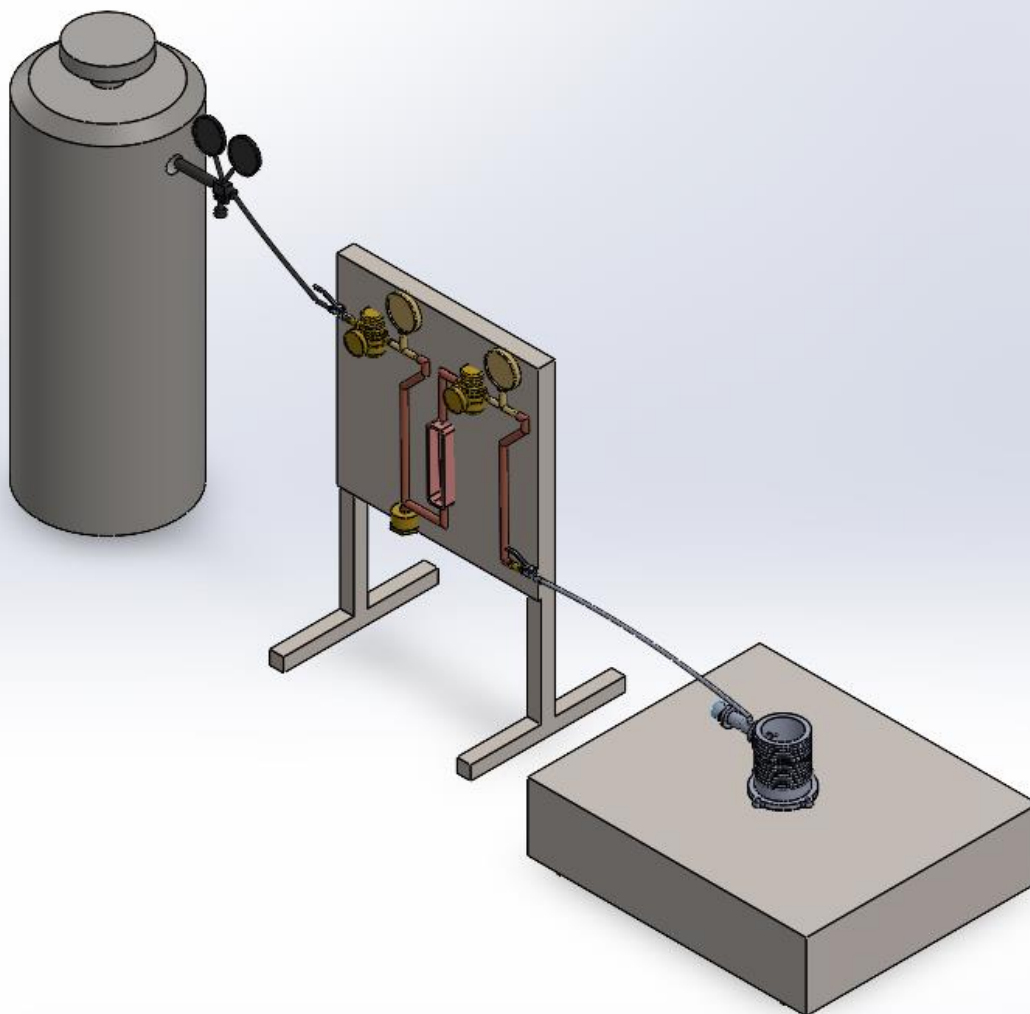
MIGUEL ÁNGEL CANTERO MARÍN

ADAPTACIÓN DE BANCO DE ENSAYOS DE
MOTORES TÉRMICOS DE PEQUEÑA
POTENCIA PARA CONSUMO DE GASES
COMBUSTIBLES

ANEXO I. MANUAL DE INSTRUCCIONES ACERCA DEL USO Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIÓN DE GAS



MANUAL DE INSTRUCCIONES ACERCA DEL USO Y MANTENIMIENTO DEL PANEL ADAPTADO AL BANCO DE ENSAYOS





Índice

INTRODUCCION	5
DESCRIPCION DE LA INSTALACIÓN.....	7
Elementos principales	8
INSTRUCCIONES DE USO.....	13
Puesta en marcha del motor	14
Encendido y apagado del suministro de gas	15
Precauciones generales	17
MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN	17
Mantenimiento básico.....	17
Mantenimiento específico.....	18
PROTOCOLO DE EMERGENCIAS.....	23
Detección de fugas.....	23
En caso de incendio o explosión.....	24
Contacto de emergencia.....	24
PREGUNTAS FRECUENTES.....	25
¿Qué hacer si el motor no arranca?.....	25
¿Cómo puedo identificar si hay una fuga en el sistema?	25



¿Qué presiones son seguras para operar el sistema?.....	26
¿Con qué frecuencia debo realizar el mantenimiento?	26
¿Qué hacer si la presión cae durante la operación?	27
REGISTRO DE MANTENIMIENTO.....	27



INTRODUCCION

Este **manual de instrucciones** recaba toda la información pertinente para el correcto uso de **la instalación de gas** para la regulación de la admisión de combustible gas del motor Robin Diesel Engine para su conversión a un motor dual.

El propósito de este manual es proporcionar al usuario una referencia clara y detallada sobre el uso correcto de esta instalación, garantizando que se sigan los procedimientos de operación, mantenimiento y seguridad establecidos. Al utilizar este manual, los operadores tendrán una guía paso a paso para la puesta en marcha del motor, así como para su apagado y su correcto funcionamiento en condiciones de seguridad óptimas.

Además, este manual expone como actuar en caso de emergencia, así como, el mantenimiento que se debe llevar a cabo para el correcto uso de los distintos dispositivos a regular.

La conversión de motores diésel para funcionar con gas ha ganado relevancia en los últimos años debido a la creciente demanda de tecnologías más limpias y eficientes. El **uso de gases como el propano, el gas natural o gas pobre** ofrece ventajas significativas frente a los combustibles tradicionales, tales como una reducción en las emisiones de gases contaminantes y una mayor estabilidad de los precios del combustible. Sin embargo, esta tecnología requiere de un cuidadoso manejo para garantizar que los sistemas de admisión de gas, los controles de presión y los sensores asociados funcionen de manera precisa y segura.

Este manual está **dirigido tanto a propietarios como a usuarios responsables** de instalaciones de gas. A lo largo del documento, se abordan aspectos fundamentales para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente, desde la puesta en marcha del motor hasta las acciones que se deben llevar a cabo en caso de emergencia. Además, se proporciona información sobre cómo realizar un mantenimiento preventivo adecuado para prolongar la vida útil de los componentes y asegurar su rendimiento continuo.



Recuerde que el cumplimiento estricto de estas instrucciones no solo prolongará la vida útil de su instalación, sino que también minimiza riesgos potenciales, como fugas de gas o incendios. En este sentido, el usuario debe ser consciente de la importancia de seguir las recomendaciones relativas a la instalación, manejo y mantenimiento de los componentes clave, como válvulas, manorreductores, sensores y tuberías.

El gas, como fuente de energía, se ha posicionado como una alternativa viable para una amplia gama de aplicaciones industriales y domésticas. Sin embargo, su manejo debe realizarse con las debidas precauciones, dado que es un combustible altamente inflamable que, en caso de fugas o de manipulación incorrecta, puede representar un riesgo considerable para las personas y las instalaciones. Por esta razón, el presente manual no solo se limita a describir el proceso de operación, sino que también **proporciona una sección detallada sobre las medidas de seguridad y los procedimientos** que deben seguirse ante situaciones de emergencia, como la detección de fugas o incendios.

Además del uso correcto del sistema, se incluye una sección de mantenimiento preventivo que detalla las inspecciones periódicas y los ajustes necesarios para mantener el equipo en condiciones óptimas. Entre las tareas de mantenimiento se encuentran la revisión de soldaduras en las tuberías, la verificación de la presión en los manorreductores, y la limpieza de los componentes de medición. También se abordan métodos para identificar y corregir problemas menores antes de que puedan comprometer la seguridad o el rendimiento del sistema.

En resumen, este manual se convierte en una herramienta indispensable para aquellos que operan y mantienen la instalación de gas del motor dual, proporcionando todas las claves necesarias para maximizar su rendimiento y seguridad. El éxito de la operación depende en gran medida del conocimiento y la atención que se le dedique al seguimiento de las instrucciones aquí contenidas.

DESCRIPCION DE LA INSTALACIÓN

Para simplificar el contenido del panel dividiremos los componentes principales de los secundarios, para ello se ha realizado un esquema 3D de con todo lo que serían los componentes principales.

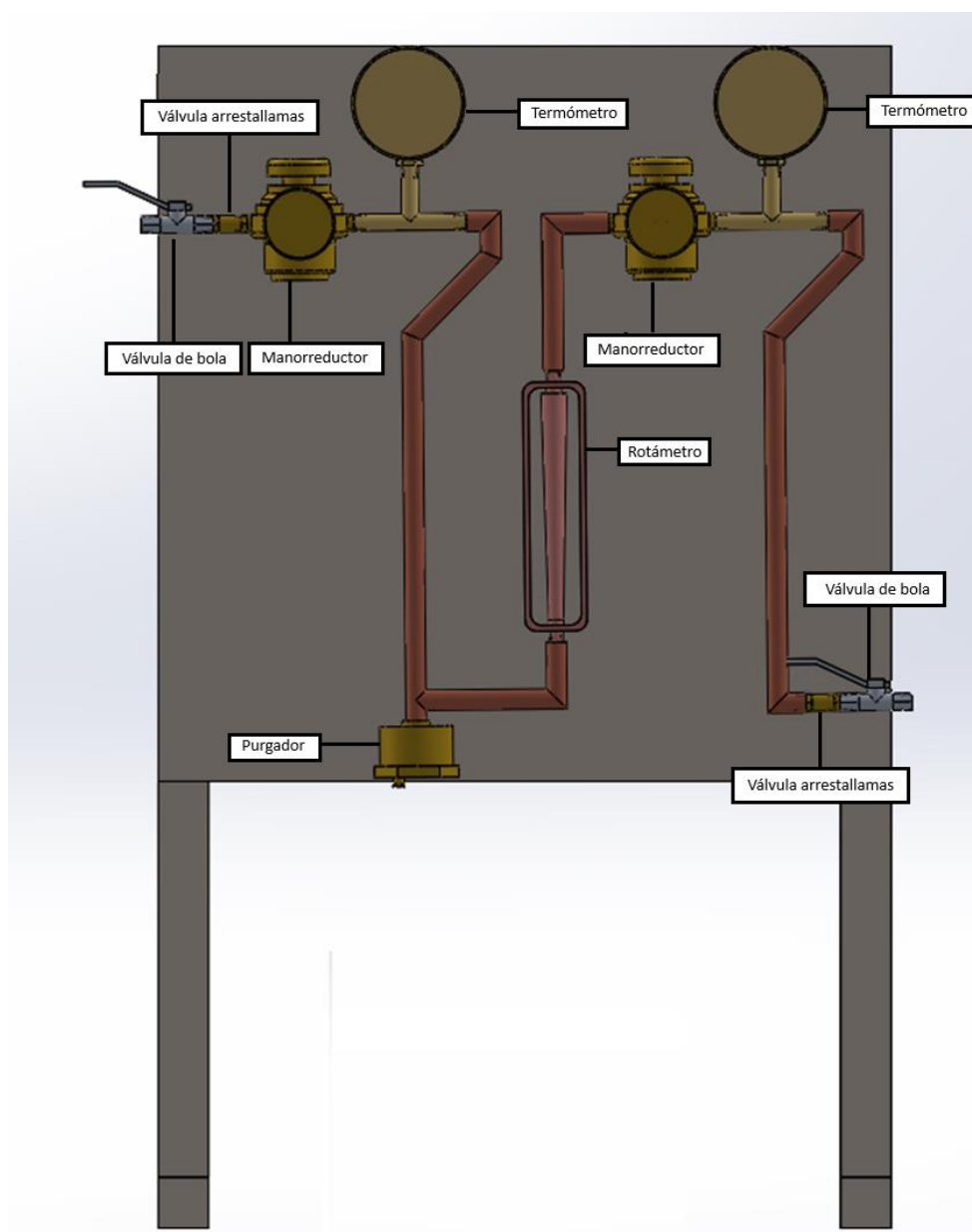


Figura 1 esquema 3D con los componentes principales

Elementos principales

Válvula de bola: mecanismo de llave de paso que sirve para regular el flujo de un fluido canalizado y se caracteriza por que el mecanismo regulador situado en el interior tiene forma de esfera perforada.

Cuando la esfera o bola gira 90°, desde la posición de abierto, el paso de flujo de la esfera es perpendicular al paso de la válvula, esta última está en un estado cerrado y el flujo empuja la esfera hacia el asiento de salida de la válvula bajo la acción de la presión del fluido, asegurando un sellado hermético.



Figura 2 válvula de bola

Válvula apagallamas: dispositivo encargado de cortar el fuego o el flujo de reverso para asegurar el resto de las válvulas. Este tipo de dispositivos son muy comunes en soldaduras de oxy-fuel.

Estos dispositivos se utilizan principalmente en procesos industriales donde se manipulan y utilizan mezclas de gases oxy-fuel. Los supresores de retroceso de llama como productos de seguridad son esenciales para proteger los lugares de trabajo y el entorno laboral.



Figura 3 supresor de retroceso de llama o válvula apagallamas

Manorreductor: dispositivo que permite reducir la presión de un fluido en una red. Utilizado en sistemas de gas para reducir y estabilizar la presión del gas que proviene de una fuente de alta presión (como un tanque o una tubería principal) antes de que llegue a los equipos o aparatos que lo utilizan, como cocinas, calentadores, o calderas.

el más sencillo consiste en un estrangulamiento en el conducto que produce una pérdida de carga o presión (ej. válvula medio cerrada) para reducir la presión, pero la presión final variará mucho según la presión de entrada y el caudal. Si aumenta el flujo la presión bajará y si se detiene la presión se igualará con la de alta presión.



Figura 4 manorreductor o válvula reductora de presión

Termómetro bimetalico: para medir la temperatura del gas y de los componentes del sistema, como tuberías y aparatos conectados. Esta medición es crucial para garantizar el correcto funcionamiento y la seguridad de la instalación.

Estos termómetros operan mediante la deformación de una tira bimetalica, que está compuesta por dos metales con diferentes coeficientes de expansión térmica. Al calentarse, la tira se curva, lo que mueve una aguja indicadora en una escala de temperatura.



Figura 4 termómetro bimetálico

Rotámetro o caudalímetro de sección variable: Se trata de un elemento medidor de flujo que utiliza un tubo transversal de área variable. Se basa en la ley de continuidad, en la que establece que la masa que fluye a través de un conducto permanece constante a lo largo del tiempo.

El elemento flotante se eleva debido a la presión del fluido y se estabiliza en una posición donde la fuerza de flotación se iguala a la fuerza de arrastre. La altura a la que se eleva el flotador es proporcional al caudal.



Figura 4 rotámetro o caudalímetro de área variable

Purgador: válvula manual, que permite la liberación de los fluidos concentrados dentro del circuito que podrían provocar un mal funcionamiento del sistema. Existen distintos tipos de purgadores según su uso y el fluido que purguen ya sea gas o líquido.

En este caso nuestra purga será de la condensación de agua. Esta condensación se debe a la pérdida de presión y la formación de agua en nuestro conducto podría afectar a la integridad de la instalación.



Figura 5 purgador o válvula de purga

Estos dispositivos dispuestos como en el esquema de la figura 1 nos van a permitir controlar el caudal de gas que queremos introducir en la admisión de nuestro motor para su funcionamiento como motor dual. Además, con las distintas mediciones de temperatura y presión podremos obtener curvas de rendimiento gracias al consumo de gas que el motor solicita para operar.

Por otro lado, estos elementos sirven para cuidar tanto a la instalación como al usuario lo que provee una buena calidad de funcionamiento y seguridad.

INSTRUCCIONES DE USO

Este apartado esta destinado al correcto uso de nuestro panel, motor y deposito de gas. El panel en cuestión esta dispuesto para que su uso sea sencillo y no haya problemas a la hora de operar con él.

Puesta en marcha del motor

Para la puesta en marcha del motor es imprescindible que la palanca este en la posición de high speed, después, debemos usar el tirador de arranque manual, teniendo en cuenta que, las primeras tiradas no deben ser muy fuertes ya que estamos arrancando el motor en frío y podemos dañar sus componentes internos, cuando hayamos usado el tirador un par de veces, procedemos a tirar con mas fuerza provocando la chispa en el interior, y por ende, el arranque del motor en cuestión.

Nota: es posible que le cueste arrancar. Si no se consigue arrancar en la culata hay un tapón de goma, donde, con una jeringa introducimos una cantidad considerable de Diesel tapamos la cavidad y volvemos a intentar arrancar el sistema.

Una vez arrancado el motor sería conveniente dejar que el motor caliente con la palanca en high speed al menos unos minutos. Cuando se haya pasado el tiempo la palanca deberá de volver a la posición de low speed y el motor quedará a ralentí, listo para inyectar el gas y revolucionar el motor con el gas y no con el Diesel

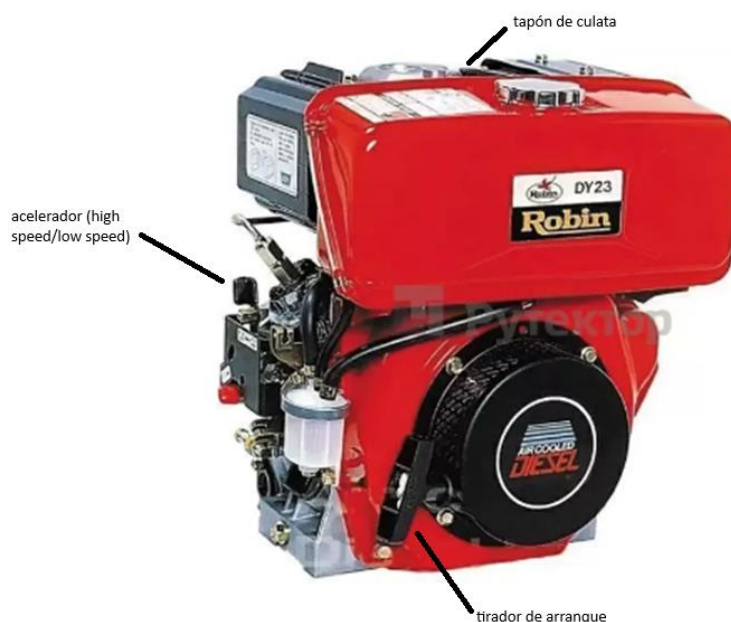


Figura 6 motor Diesel Robin DY23-2D/2B

Encendido y apagado del suministro de gas

Debemos tener en cuenta que los depósitos de gas que vamos a usar son bombonas industriales de gas, esto quiere decir que, la presión en el interior de la bombona será mayor a 100 bar. Por tanto, este equipo debe estar provisto de un manorreductor aparte de la instalación para su regulación y medición de presión para el control del gas a través de la manguera.



Figura 7 bombona industrial y manorreductor

Una vez el motor arrancado podemos girar la llave superior de la bombona y con la ruedecilla del manorreductor ajustamos la presión a una presión más acorde a nuestro panel.

El panel está diseñado para aguantar hasta 10 bar, no obstante, no es recomendable usar una presión mayor a 5 bar, ya que no procede con el objetivo de esta instalación y podemos dañar los elementos de nuestra instalación.

Una vez la botella está abierta podemos abrir las dos válvulas de bola al inicio y al final del panel y regular la presión interior con los dos manorreductores del panel, de este modo, el gas se inyectará de manera indirecta en la admisión del motor como se muestra en la figura 8.

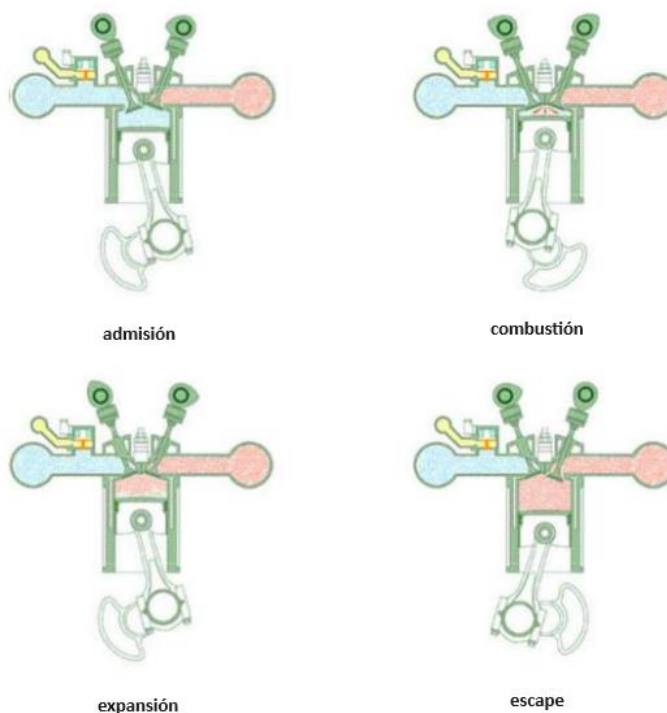


Figura 8 Ciclo operativo motor dual cuatro tiempos

En caso de apagado el procedimiento a seguir será, cerrar la válvula de apertura de la bombona cerrar el regulador del manómetro de la bombona y procedemos a cortar el gas.

Para no dañar al motor inmediatamente abrimos la pestaña de low speed hasta el high speed, para no ahogar el motor y que este sufra daños en su interior.

Ahora, pasamos a la zona del panel donde cerraremos la válvula de bola de entrada del gas por la bombona y disminuirémos la presión del manorreductor, cuando comprobemos que el rotámetro tiene un caudal bajo o cero cerramos el segundo manorreductor, y para terminar con el panel, la válvula de bola que cierra el suministro de gas al motor.

Por último, para detener el motor simplemente bajamos la pestaña a la posición low speed y dejamos 2 o 3 minutos el motor a ralentí, después simplemente presionamos el botón de parada que está debajo de la palanca de regulación (low/high speed).



Precauciones generales

Para acabar con las instrucciones de uso a continuación se dan una serie de normas o precauciones a seguir para el uso seguro de esta maquinaria.

- Antes de realizar cualquier trabajo, asegúrate de que el suministro de gas esté completamente cerrado. Esto evita fugas y reduce el riesgo de explosiones.
- Asegúrate de que el área esté bien ventilada para evitar la acumulación de gas. El gas acumulado en un área cerrada puede ser altamente explosivo.
- No permitas el uso de fuego abierto, cigarrillos o cualquier dispositivo que pueda generar chispas cerca de la instalación de gas.
- Verifica que todas las conexiones estén bien ajustadas y selladas con materiales adecuados, como teflón o pasta sellante aprobada para gas. Algunas podrían estar dañadas por el uso continuo.
- Usa guantes resistentes, gafas de seguridad y, si es necesario, mascarillas que protejan contra la inhalación de gases tóxicos.
- Asegúrate de tener un extintor adecuado (de tipo ABC) a mano, en caso de un incendio accidental.
- Ten a mano el número de contacto de emergencia de la compañía de gas o de los servicios de emergencia locales.

MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

En objeto de mantener nuestro equipo en las mejores condiciones esta sección ocupa las distintas maneras de mantener y o reparar cualquier daño recibido. Sin embargo, los requerimientos y necesidades del panel son sencillas y no requieren de mucha práctica en la parte técnica, dado que sus elementos no necesitan un mantenimiento complejo.

Mantenimiento básico

Para este tipo de mantenimiento debemos tener en cuenta el tiempo de uso. Si usamos el equipo frecuentemente, el mantenimiento será requerido con mayor brevedad. En caso contrario, si no lo usamos tan a menudo, debemos hacerle un mantenimiento previo a su puesta



en marcha de nuevo. Sin embargo, el procedimiento en ambos casos se ejecutará de igual manera.

- **Comprobación de soldadura:** si cuando ponemos en marcha los equipos detectamos fuga de gas operamos previamente con las indicaciones del apartado siguiente **“Protocolo de emergencias”**. Sin embargo, a posteriori debemos de visualizar las juntas soldadas en busca de grietas en la soldadura de estaño sino detectamos nada deberemos comprobar tubo a tubo la soldadura. Una vez encontrada la fuga, procederemos a cambiar la unión y el tubo de cobre.
- **Comprobación de juntas en los racores:** para ello deberemos desenroscar la tuerca del racor que queramos analizar y una vez extraído el elemento miramos en el interior de la tuerca para asegurar que la junta de goma no esta picada. Si esto ocurriera poner el recambio y volver a roscar en el elemento o codo que corresponda.
- **Válvulas de bola:** en este caso si la válvula abre o cierra con dificultad, se debe extraer del panel y realizar un soplado en su interior. Además, podemos engrasar el mecanismo de apertura desde la maneta.
- **Termómetro/manorreductor/rotámetro:** en caso de mediciones anormales extraiga el equipo, deje que se enfríe a temperatura ambiente y compruebe que no hay daños o corrosiones, si no es el caso solo podemos adquirir uno nuevo ya que la reparación será compleja y costosa.
- **Válvula arresta-llamas:** esta solo la deberemos cambiar en caso de desgaste o rotura por uso.

Mantenimiento específico

En el caso de que haya habido una fuga se debe sustituir la unión y la tubería. A continuación, se detallará como hacer una soldadura de cobre con pistola de calor y bobina de estaño. Este tipo de soldadura es sencillo de hacer y solo debemos usar unos guantes y gafas a modo de protección.

Previamente, se debe cortar la tubería con un cortatubo apretando la rosca de la cuchilla una vez por vuelta para que se haga un corte limpio, tras eso le pasa un papel de lija sobre el corte para eliminar la rebaba y limar posibles imperfecciones realizadas en el corte.



Figura 9 Imagen de un cortatubo



Figura 10 Esponja de lija para eliminar la rebaba

Una vez el tubo se ha preprocesado, se ensambla la unión que corresponda y se le aplica decapante alrededor de la unión tanto por dentro como por fuera. Esto permite calentar antes el cobre y mejora la calidad de la soldadura. Después, se procede a calentar la unión hasta que el cobre obtenga una cierta temperatura. Visualmente se puede apreciar cuando el cobre coge temperatura, pero, si por un casual no nos damos cuenta, se puede aplicar un poco de estaño y cuando se funda está listo para realizar la soldadura como en la figura 11.



Figura 11 Pre calentamiento de la unión de cobre

En la figura 12 vemos como el cobre ha cambiado el color hacia un cobre más claro. A continuación, se aplica una soldadura por puntos en la unión con la bobina de estaño y la pistola de calor. Se aplican 2 o 3 puntos máximo alrededor, de otro modo, desperdiciaríamos estaño en la soldadura.



Figura 12 Soldadura por puntos

Por último, se le aplica calor a dichos puntos para que se derritan y se adhieran al espacio entre el racor y la tubería. De esta manera, se cierra el espacio entre ambos, aunque, si hemos usado exceso de estaño. Las lágrimas que caigan por gravedad se acumularán en el apoyo y quedará rebaba. En la figura 13 el estaño se ha distribuido correctamente y no se aprecia rebaba al finalizar esta pieza.



Figura 13 Soldadura completada

Posteriormente, se deja enfriar y se comprueba la soldadura usando agua y jabón alrededor de la unión y aplicando un flujo de aire por compresión, si la unión burbujea la soldadura no quedó completamente sellada y se deberá repetir el proceso de soldadura, si por el contrario no ocurre nada la soldadura estará lista.

Debemos tener en cuenta a la hora de cortar tubos y hacer uniones el esquema que creamos en la fase de diseño y en las proporciones de nuestro panel, para que se ajuste todo y no haya problemas a la hora del montaje.



PROTOCOLO DE EMERGENCIAS

Para acabar con nuestro manual de instrucciones se detalla como actuar en caso de emergencias ya que este tipo de instalaciones tiene riesgo de fugas o incluso incendios para ello deberemos actuar con la mayor precaución posible y siempre asegurando la vida del usuario.

Detección de fugas

En caso de una fuga de gas, lo primero que se debe hacer es identificar rápidamente la situación, que normalmente se detecta por el olor característico que tiene el gas debido a aditivos como el mercaptano, que le da un olor similar al de huevos podridos. Una vez que se sospecha de una fuga, es fundamental mantener la calma y evitar cualquier acción que pueda generar chispas o llamas, ya que el gas es altamente inflamable. No se deben encender luces ni utilizar dispositivos eléctricos, ya que podrían provocar una explosión.

El siguiente paso es ventilar de inmediato el área abriendo todas las ventanas y puertas disponibles para permitir que el gas se disipe al exterior. Es crucial evitar la acumulación de gas en espacios cerrados. Si es seguro hacerlo, se debe cerrar la llave de paso del gas lo antes posible, tanto en el punto de la fuga, como en la válvula principal del suministro.

Es vital evacuar el área afectada sin demora, asegurándose de que todas las personas se alejen lo suficiente del lugar. No se debe permitir que nadie entre a la zona de peligro hasta que se controle la situación. Mientras tanto, ya desde un lugar seguro, se debe contactar a los servicios de emergencia. Los profesionales de emergencia se encargarán de evaluar la fuga, controlar el riesgo y reparar cualquier daño.

Es recomendable no regresar a la zona afectada hasta recibir indicaciones claras de que es seguro hacerlo. Por último, el mantenimiento preventivo de las instalaciones de gas, como revisiones periódicas y la instalación de detectores de gas, es esencial para evitar estos incidentes en el futuro.



En caso de incendio o explosión

En caso de incendio o explosión por gas, es fundamental mantener la calma y actuar con rapidez. Lo primero es evacuar inmediatamente el área afectada. Si hueles gas o escuchas una explosión, la zona sin perder tiempo. Es importante no usar ascensores y seguir las rutas de evacuación establecidas para evitar peligros adicionales.

Durante la evacuación, evita encender cualquier tipo de fuego o utilizar dispositivos eléctricos, ya que esto podría provocar una chispa que agrave la situación. Si tienes conocimiento y es seguro hacerlo, cierra la válvula de suministro de gas para detener el flujo y evitar una acumulación mayor. Sin embargo, si no es seguro realizar esta acción, enfócate en evacuar y alejarte del área cuanto antes.

Una vez fuera del edificio, mantén una distancia segura y no regreses hasta que las autoridades competentes confirmen que es seguro hacerlo. Es fundamental seguir las indicaciones de los servicios de emergencia y no intentar resolver la situación por tu cuenta.

Contacto de emergencia

Dado que el equipo pertenece a la Universidad de Jaén, se facilitan una serie de número de emergencia para llamar a las autoridades pertinentes en caso de emergencia.

Teléfono de Emergencias (para cualquier tipo de emergencia): 112

Policía Local de Jaén: [953 27 68 90](tel:953276890)

Bomberos de Jaén: [953 26 90 80](tel:953269080)

Empresa Pública de Emergencias Sanitarias (EPES): 061



PREGUNTAS FRECUENTES

A continuación, se presentan algunas de las preguntas más comunes relacionadas con el uso, mantenimiento y solución de problemas del panel de control y la instalación de gas del motor dual. Si tienes alguna otra duda, por favor consulta las secciones relevantes del manual.

¿Qué hacer si el motor no arranca?

Si el motor no arranca, sigue estos pasos:

1. **Verifica el suministro de gas:** Asegúrate de que la bombona de gas esté correctamente conectada y que las válvulas de gas estén abiertas. Revisa el manorreductor para verificar que la presión es la adecuada para el panel de control (no mayor a 5 bar).
2. **Chequea el estado del Diesel:** Dado que el motor opera en modo dual, siempre necesitará una pequeña cantidad de Diesel para funcionar. Asegúrate de que haya suficiente Diesel en el tanque.
3. **Inspecciona el sistema de encendido:** Revisa si hay chispas en la bujía o si hay algún problema con el encendido eléctrico. Si el sistema de arranque manual presenta resistencia o el tirador no gira correctamente, podría haber problemas internos en el motor.
4. **Prueba el cebado del motor:** En algunos casos, si el motor no arranca, puedes intentar inyectar una pequeña cantidad de Diesel en la culata con una jeringa a través del tapón de goma y luego intentar arrancar de nuevo.

¿Cómo puedo identificar si hay una fuga en el sistema?

Para detectar fugas en el sistema de gas, sigue los siguientes pasos:

1. **Método del agua y jabón:** Aplica una mezcla de agua y jabón sobre las uniones de las tuberías y las conexiones de gas. Si hay una fuga, se formarán burbujas en el área afectada debido a la presión del gas.
2. **Olor a gas:** El gas usado contiene aditivos que le dan un olor fuerte. Si detectas este olor, probablemente haya una fuga.



3. **Monitoreo de presión:** Si observas una caída inesperada en la presión indicada por el manorreductor sin ninguna actividad, puede ser un indicio de una fuga.
4. **Sonidos inusuales:** Un silbido o zumbido suave alrededor de las conexiones de gas puede indicar que el gas está escapando.

En caso de detectar una fuga, sigue el **Protocolo de Emergencias** descrito en este manual, ventila el área y cierra el suministro de gas de inmediato.

¿Qué presiones son seguras para operar el sistema?

El sistema está diseñado para operar de forma segura con presiones de gas de hasta **10 bar**, aunque se recomienda no superar los **5 bar** durante la operación normal para evitar un desgaste innecesario en los componentes.

- **Manorreductores:** Asegúrate de ajustar el manorreductor del panel de control para mantener una presión constante y segura durante la operación. Esto evitará que el gas entre en la cámara de combustión a una presión demasiado alta, lo que podría dañar el sistema o el motor.
- **Presión máxima de la bombona:** Las bombonas industriales pueden contener gas a una presión superior a **100 bar**, por lo que siempre deben estar equipadas con un manorreductor adecuado para controlar la salida del gas.

Revisa regularmente las lecturas de los manorreductores para asegurarte de que el sistema se encuentra dentro de los rangos de presión recomendados.

¿Con qué frecuencia debo realizar el mantenimiento?

El mantenimiento de la instalación debe realizarse con frecuencia dependiendo del uso del sistema:

- **Mantenimiento básico:** Recomendado cada **100 horas de uso** o antes de reanudar la operación si el sistema ha estado inactivo por más de un mes. Esto incluye revisar las soldaduras de las tuberías, las conexiones de los racores, el estado de las válvulas de bola, y la calibración de los sensores de temperatura y presión.



- **Mantenimiento específico:** Debe realizarse cada **300 horas de uso** o si detectas algún fallo en los componentes del sistema, como fugas o lecturas anormales de presión y caudal.
- **Inspección de seguridad:** Realiza inspecciones visuales antes de cada uso para verificar que no haya daños visibles en las conexiones, mangueras o válvulas.

Registrar las actividades de mantenimiento en un **registro de mantenimiento** ayudará a garantizar que los procedimientos se sigan a tiempo y de manera efectiva.

¿Qué hacer si la presión cae durante la operación?

Si la presión del sistema cae inesperadamente mientras el motor está en funcionamiento, sigue estos pasos:

1. **Verifica el manorreductor de la bombona:** Asegúrate de que el manorreductor esté correctamente ajustado y que la bombona de gas tenga suficiente combustible. Si la bombona está baja de gas, sustituirla puede resolver el problema.
2. **Revisa las conexiones de gas:** Una fuga en las conexiones o tuberías puede ser la causa de una caída de presión. Aplica la prueba de agua y jabón en las uniones para descartar fugas.
3. **Revisa el estado de las válvulas:** Asegúrate de que las válvulas de bola estén completamente abiertas para permitir el flujo correcto de gas.

Si la caída de presión persiste y no se detectan fugas o problemas con la bombona, es recomendable detener el sistema.

REGISTRO DE MANTENIMIENTO

Instrucciones para uso del registro:

1. **Fecha:** Anotar el día en que se realizó el mantenimiento.
2. **Componente Revisado:** Especificar qué parte de la instalación o sistema se revisó.
3. **Descripción del Mantenimiento Realizado:** Breve resumen de las acciones que se llevaron a cabo, como limpieza, reparación, calibración, etc.



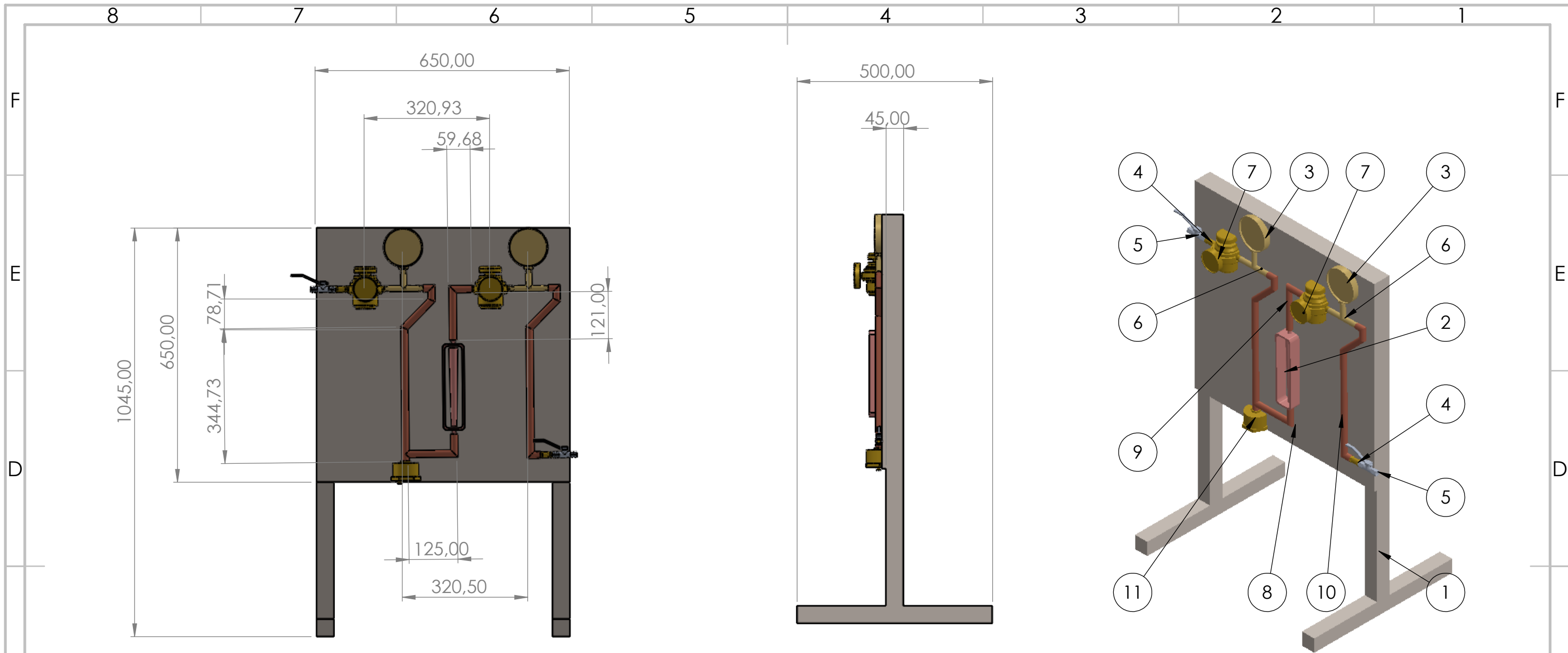
- [illegible]



MIGUEL ÁNGEL CANTERO MARÍN

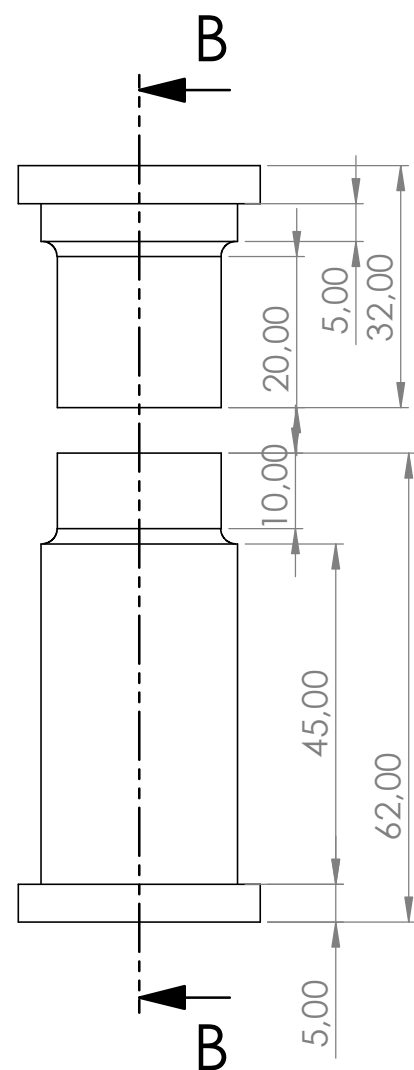
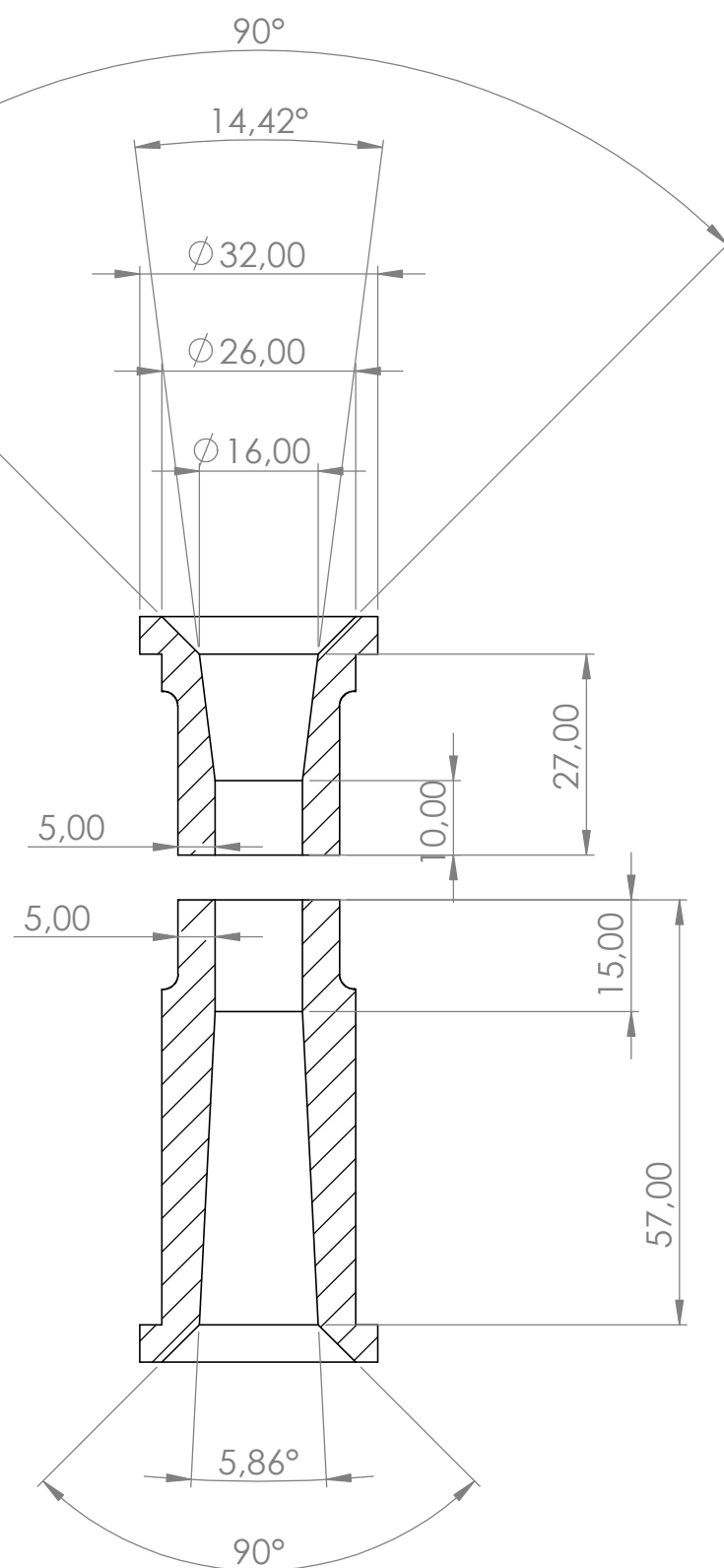
ADAPTACIÓN DE BANCO DE ENSAYOS DE
MOTORES TÉRMICOS DE PEQUEÑA
POTENCIA PARA CONSUMO DE GASES
COMBUSTIBLES

ANEXO II. PLANOS



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	cajón	soporte de la instalación	1
2	rotámetro	medición de caudal	1
3	termómetro	medición de temperatura	2
4	valvula arrestallamas	controlador de llamas	2
5	valvula de bola	válvula de apertura o cierre	2
6	union en T	elemento secundario	2
7	manorreductor	medición de presión	2
8	tuberia 1	elemento secundario	1
9	tuberia 2	elemento secundario	1
10	tuberia 3	elemento secundario	1
11	purgador	liberador de fluidos concentrados	1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
								TÍTULO:			
DIBUJ.				NOMBRE		FIRMA		FECHA			
VERIF.											
APROB.											
FABR.											
CALID.											
								MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
										instalacion de gas ^{A3}	
								PESO:		ESCALA:1:10	
										HOJA 1 DE 1	



SECCIÓN B-B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
	NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO:			
DIBUJ.									
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CALID.				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO			A3
						parte 1 cotas nuevo			
				PESO:		ESCALA:1:1			HOJA 1 DE 1



MIGUEL ÁNGEL CANTERO MARÍN

ADAPTACIÓN DE BANCO DE ENSAYOS DE
MOTORES TÉRMICOS DE PEQUEÑA
POTENCIA PARA CONSUMO DE GASES
COMBUSTIBLES

ANEXO III: FICHAS TÉCNICAS

Datasheet

s.93 downstream exhaust

full port ¼"-2" hot forged brass ball valves



Quality:

- No metal-to-metal moving parts
- Handle clearly shows ball position
- Silicone-free lubricant on all seals
- Chrome plated brass ball for longer life
- Travel stops on body to avoid stresses at stem

Body:

- Hot forged sand blasted, external nickel plated brass body and cap sealed with Loctite® or equivalent threads sealant
- The valve body includes a tapped downstream depressurization venting outlet to direct exhaust air and assemble mufflers for noise control
- Finest brass according to EN 12165 and EN 12164 (formerly DIN 17660 and UNI 5705-65) specifications

Stem:

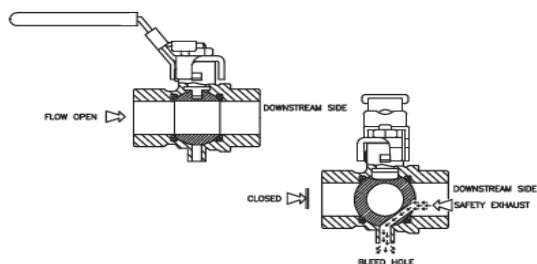
- Blowout-proof nickel plated brass stem
- Two FPM O-rings at the stem for maximum safety

Seals:

- Molybdenum filled PTFE self-lubricating seats with flexible-lip design

PED Directives:

- The product meets the requirements of PED Directive 97/23 and according to art.3 par.3, it does not require CE marking



Threads:

- EN 10226-1, ISO 228 parallel female by female threads

Flow:

- Full port to DIN 3357 for maximum flow

Handle:

- Geomet® carbon steel lockable handle patent n. 7074-B/90 with thick PVC dip coating. Handle coating offers both thermal and electrical protection
- Handle removable with valve in service

Working Pressure:

- 14 Bar (200 PSI)
- non-shock cold working pressure

Working Temperature:

- -10°C (+15°F) / +100°C (+210°F)
- Warning: freezing of the fluid in the installation may severely damage the valve

Options:

- AISI 430 stainless steel handle
- Non-locking Geomet® carbon steel lever handle
- ISO 7/1 BSPT Taper threads
- NPT taper ANSI B.1.20.1 threads
- Safety pin
- Muffler, hose

Upon Request:

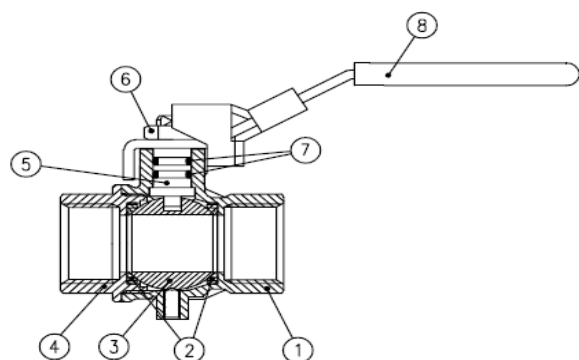
- AISI 316 stainless steel ball
- Custom Design
- T-handle



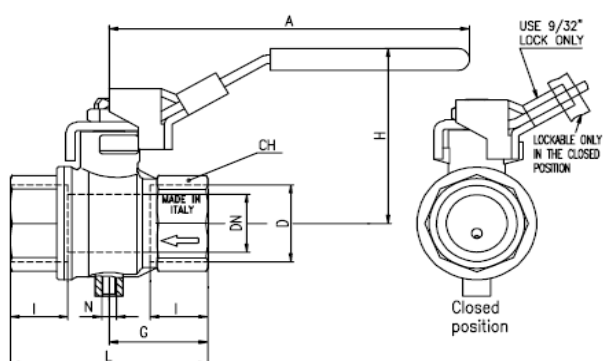
Approved by or in compliance with:

- GOST-R (Russia)
- Hygiene and epidemic center in Moscow city (Russia)
- RoHS Compliant
- Osha Compliant
- EAC - Declaration of conformity (Russia-Kazakhstan-Belarus)

NOTE: Approvals apply to specific configurations/sizes only.

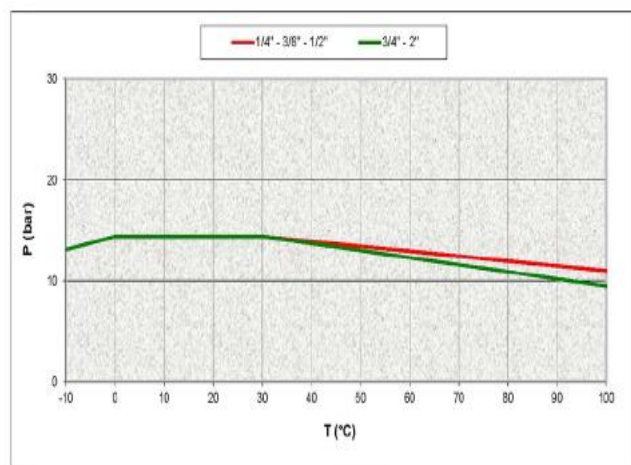


	Part Description	Q.ty	Material
1	Nickel plated body (external treatment)	1	CW617N
2	Seat	2	PTFE molybdenum filled
3	Chrome plated ball	1	CW617N
4	Nickel plated end cap (external treatment)	1	CW617N
5	Nickel plated stem O-Ring design	1	CW617N
6	Geomet® nut	1	CB4FF
7	O-Ring	2	FPM
8	Light blue PVC coated Geomet® steel lockable handle	1	DD11

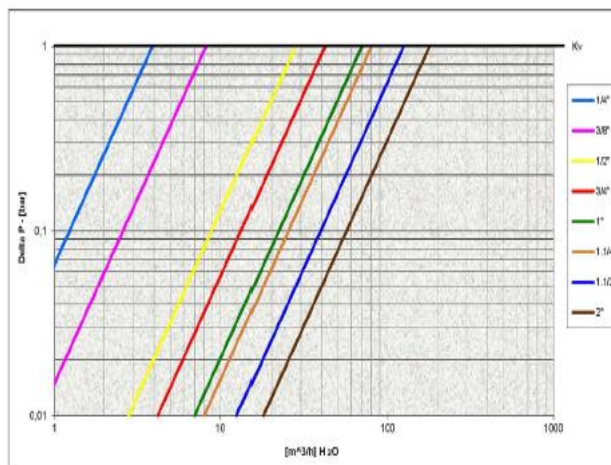


Code	S93B00	S93C00	S93D00	S93E00	S93F00	S93G00	S93H00	S93I00
D (inch)	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
DN (mm)	8	10	15	20	25	32	40	50
I (mm)	12	12	15.5	17	21	23	23	26.5
L (mm)	45	45	59	64	81	93	102	121
G (mm)	22.5	22.5	29.5	32	40.5	46.5	51	60.5
A (mm)	96	96	96	117	117	156.5	156.5	156.5
H (mm)	46	46	51	59	63	77	83	90
CH (mm)	20	20	25	31	40	49	54	68.5
N	M5					G 1/4"		

Pressure-Temperature Chart



Pressure Drop Chart



3 FUNCTION FLASHBACK ARRESTOR **GCE SAFE-GUARD-3**



EDITION 1/2015

The GCE SAFE-GUARD-3 for regulator mounting contains multiple safety functions for protection of cylinder regulators, tapping points and distribution lines. The GCE SAFE-GUARD-3 complies fully to European standard EN730-1.

FUNCTIONS

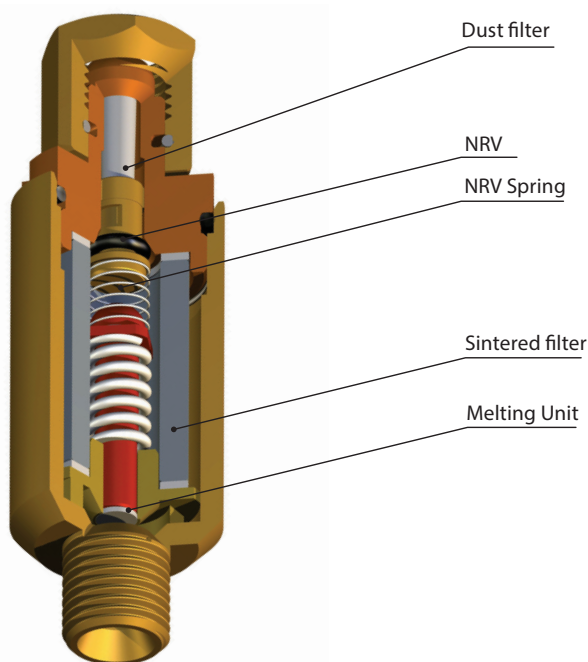
- Flame arresting element
- Non return valve
- Temperature sensitive cut off valve
- Dust filter

FA
NV
TV



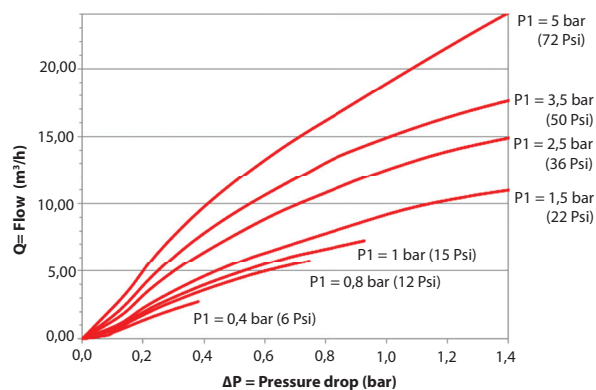
GCE SAFE-GUARD-3

INTERNAL SAFETY DEVICES

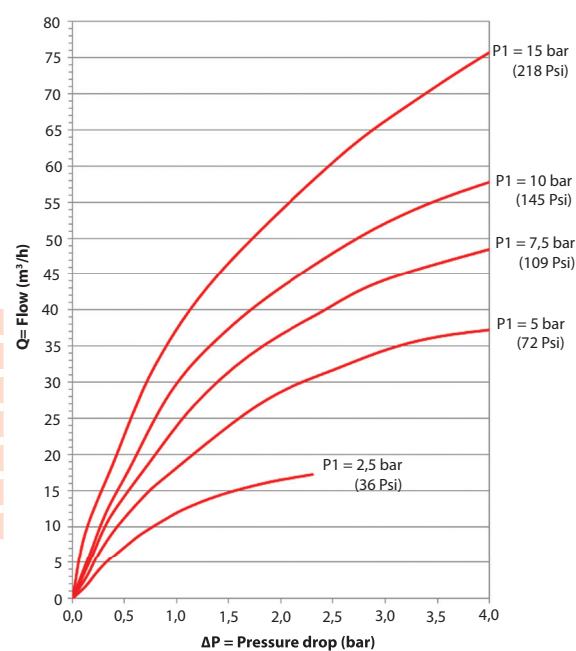


FLOW CHART

GAS



OXYGEN



Art. Nr.	Gas	Working pressure	Inlet connection	Outlet connection
0764469	Oxygen	25 bar	G1/4" F	G1/4" M
0764470	Oxygen	15 bar	G3/8" F	G3/8" M
0764472	Oxygen	15 bar	M16×1,5 F	M16×1,5 M
0764474	Oxygen	25 bar	9/16" UNF F	9/16" UNF M
0764471	Fuel	A: 1,5 bar; PM: 5 bar; H: 3,5 bar	G3/8" LH F	G3/8" LH M
0764473	Fuel	A: 1,5 bar; PM: 5 bar; H: 3,5 bar	M16×1,5 LH F	M16×1,5 LH M
0764475	Fuel	A: 1,5 bar; PM: 5 bar; H: 3,5 bar	9/16" UNF LH F	9/16" UNF LH M

A: Acetylene; H: Hydrogen; PM: Methane Propane

CONVERSION COEFFICIENT

	OXYGEN	HYDROGEN	ACETYLENE
Gas	O ₂	H ₂	C ₂ H ₂
Coefficient	× 0,95	× 3,75	× 1,04
	PROPANE	METHANE	ETHYLENE
Gas	C ₃ H ₈	CH ₄	C ₂ H ₄
Coefficient	× 0,8	× 1,33	× 1,02



Gas Control Equipment

GCE world-wide: <http://www.gcegroup.com>



REGULADOR DE PRESION

RECINTO PLUSBOX NAVE 206

Avda Vallés 149

08223 TERRASSA (España)

(+34)937350794

comercial@tkpres.com

rev.0.2024

Modelo TK200/TK210

Compatibilidad	Aire • Gases • Líquidos • Aceites
Presión máxima de servicio	50 bar
Conexiones	1/4"(TK200) 1/2"(TK210)
Temperatura de trabajo	-20 a 60°C
Coefficiente de caudal Kv	1,4 m ³ /h (TK200) 2,99 m ³ /h (TK210)
Rangos de salida	0,2 ~ 1,5 bar 0,3 ~ 3 bar 0,8 ~ 8 bar 1,5 ~ 15 bar 3 ~ 30 bar 5 ~ 50 bar
Peso	~ 1,2Kg (TK200) ~ 1,9Kg (TK210)
Conexión a manómetro (incluido)	1/4"BSPP
Certificado	PED 2014/68/UE
Certificados bajo petición	ATEX 2014/34/UE EAC Ex TC RU012
Material del cuerpo y internos	Latón
Material Diafragma	NBR recubierto de PTFE
Material de los sellos (dependiendo del fluido)	NBR • EPDM • FPM • FVMQ • FFKM
Accesorios	Kit escuadra Arandela para panelar

Opciones

60 bar
NPT
-60 a 320°C

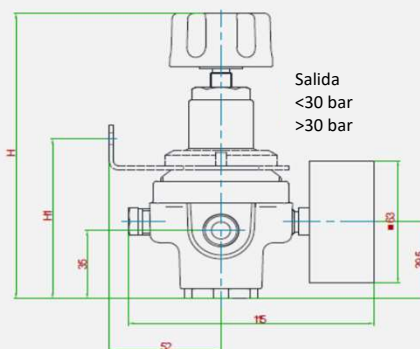
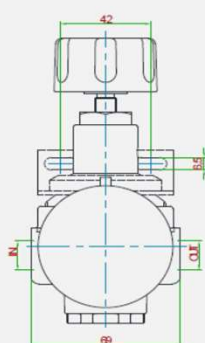


PED 97/23/EC

DIMENSIONAL

mm

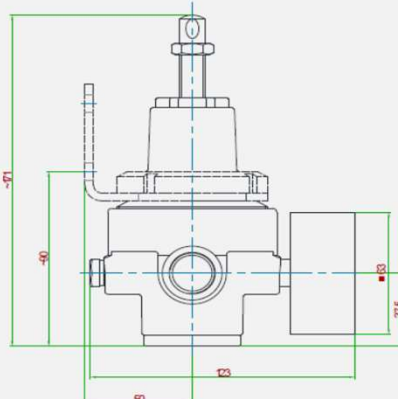
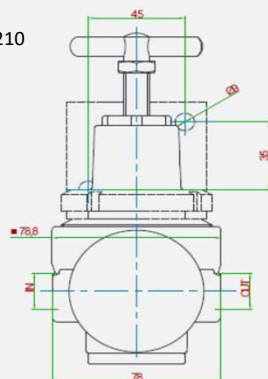
TK200



Salida
<30 bar
>30 bar

TK210 H (mm)	TK200 (mm)
146	82
161	97

TK210





ENGLISH

RS Pro Fahrenheit/Centigrade Dial Dry Thermometer Suitable For Various Applications

RS Stock No. 324-8413

Brand RS Pro



Model Selection (RS stock number 324-xxxx)

Bottom connection	Scale	dia 100mm	
		L = 50mm	L = 100mm
-20 to +60 °C	Celsius & Fahrenheit	324-8384	324-8407
0 to +120 °C	Celsius & Fahrenheit	324-8413	324-8429
Back connection	Scale	dia 100mm	
		L = 50mm	L = 100mm
-20 to +60 °C	Celsius & Fahrenheit	324-8435	324-8873
0 to +120 °C	Celsius & Fahrenheit	324-8441	324-8463

Product Details

- Centre Back and Vertical 100mm Diameter Immersion Thermometers**
- Bi-metal element thermometers with applications in the heating and ventilation process, and refrigeration industries
 - Dual scale
 - Acrylic Window
 - Temperature range covers both hot & chilled water applications
 - Manufactured to DIN 16203
 - 1/2 in. BSP Brass Male Thread
 - Vertical entry types: [324-8384](#), [324-8413](#), [324-8407](#), [324-8429](#)

Thermometers-Socket Insertion Type

Specifications

Not what you're looking for? Select the attributes you require, then click the button below

☐	Thermometer Type	Dial
☐	Suitable Applications	Heating & Ventilation, Refrigeration Industry
☐	Temperature Scale	Both
☐	Filling Type	Dry
☐	Case Material	Steel
☐	Case Diameter	100mm
☐	Maximum Temperature Sensed	+120°C
☐	Minimum Temperature Sensed	0°C
☐	Temperature Sensitive Range	0 → +120°C

Manual de Instrucciones

Datos técnicos

- Precisión: $\pm 2,5\%$ valor final escala. Clase 2,5 según VDE/VDI 3513
- Escalas: En l/h, l/min, m³/h, kg/h, %, mm., etc
- Longitud escala: 100 mm $\pm$ 5
- Montaje: Vertical (flujo en sentido ascendente)
- Longitud total: 220 mm $\pm$ 2
- Conexiones: Rosca hembra 1/4" BSP o NPT
- Presión de trabajo: 10 ... 15 bar
- Tª del fluido: -10 ... +100°C

El vidrio puede soportar un choque térmico de 150 °C sin presión en el interior del tubo.

El diferencial de temperatura entre el interior y exterior del tubo de vidrio no debe exceder 80 °C

Conforme a la Directiva 97/23/CE
de Equipos a Presión.



Este equipo está considerado un accesorio a presión y **NO** un accesorio de seguridad según la definición de la Directiva 97/23/CE, Artículo 1, párrafo 2.1.3.

Se adjuntan los siguientes manuales de instrucciones:

- ☐ Manual de Instrucciones Automatismo 60-AMD
- ☐ Manual de Instrucciones Automatismo 60-AMO
- ☐ Manual de Instrucciones Automatismo 60-AMH



Principio de Funcionamiento

El caudalímetro consta de un tubo cónico y un flotador. El caudal ascendente empuja al flotador hasta un punto de equilibrio definido por el área que se obtiene entre el flotador y el tubo.

Este tipo de principio de medida se denomina de área variable.

El punto de equilibrio depende de:

- Peso del flotador: P_f
- Empuje del fluido: E
- Área libre de paso: AI

El área proporcional al caudal será:

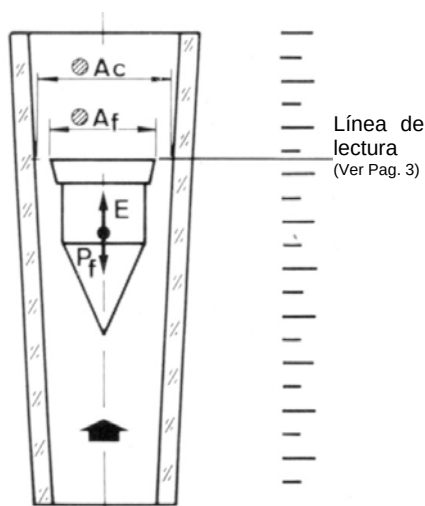
$$AI = A_c - A_f$$

donde:

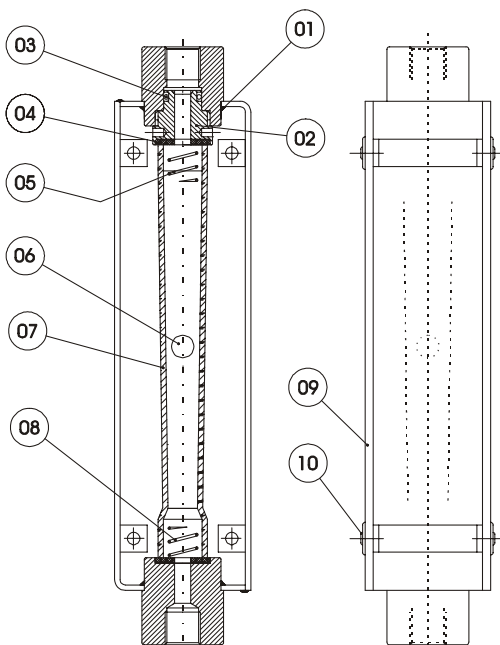
A_c = Sección del tubo

A_f = Sección del flotador

Cada posición del flotador corresponde a un caudal que se refleja mediante las escalas equivalentes grabadas directamente en el tubo de medida.



nº	Pieza	Materiales
1	Grupo Montura	EN 1.4404
2	Tornillo Prensa	EN 1.4404
3	Junta Tórica	NBR
4	Junta Plana	NBR
5	Tope Superior	EN 1.4401
6	Flotador	EN 1.4404 / Vidrio / Cerámica / Hostalen
7	Tubo de medida	Vidrio borosilicato
8	Tope Inferior	EN 1.4401
9	Visor	Metacrilato
10	Tornillo	Nylon



RECEPCIÓN

El caudalímetro se suministra a punto para su funcionamiento.

Antes de su montaje, deben retirarse los elementos que fijan el flotador durante el transporte.

Invertiendo el aparato suavemente, comprobar que el flotador se mueve libremente.

INSTALACIÓN

El instrumento debe instalarse teniendo en cuenta que:

La entrada del fluido será por la parte inferior (valor mínimo de la escala).

La salida se efectuará por la parte superior (Valor máximo de la escala).

Es muy importante que se instale el caudalímetro completamente vertical, ya que variaciones del orden de 5-10° con respecto a la vertical, provocan errores del orden del 10%.

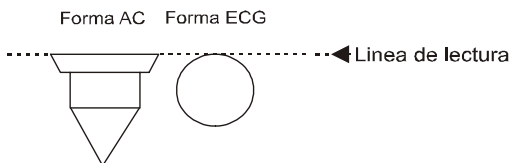


No abrir nunca bruscamente la válvula de regulación, ya que el flotador podría golpear el tubo de vidrio, causando su rotura.

LECTURA DEL CAUDAL

El flotador determina la medida del caudal circulante sobre la escala.

Para las diferentes formas de flotador, las lecturas deben tomarse a la altura dada en el dibujo a la derecha.



LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO

Quitar los 4 tornillos (10) y el visor (9) para poder acceder al interior de la montura (1).

Enroscar el tornillo prensa (2) en el cabezal de la montura (1) para que libere al tubo de medida (7).

Retirar el tubo de medida (7) evitando que caigan los topes inferior y superior (8 y 5).

Una vez retirado el tubo de medida (7) sacar los topes inferior y superior (8 y 5) y el flotador (6).
NOTA: El tope superior es diferente al inferior y no deben intercambiarse.

La limpieza del tubo debe efectuarse con un cepillo suave tipo botella o similares, evitando así rayar el tubo de medida.

El flotador debe limpiarse con un cepillo también suave, nunca con utensilios metálicos, que podrían rayar su superficie.

Para montar de nuevo el instrumento, inspeccionar si las juntas (4) están en buenas condiciones de servicio. Si no es así, cambiarlas.

Colocar el tope inferior (8) en el tubo de medida (7), colocar el flotador y el tope superior.

Colocar el tubo de medida en el interior de la montura.

Desenroscar el tornillo prensa (2) del cabezal de la montura (1) de manera que el tubo quede bien sujeto y las juntas hagan cierre sobre el.

Colocar el visor (9) en la montura (1) y atornillar los 4 tornillos (10).

GARANTÍA

Tecfluid S.A. GARANTIZA TODOS SUS PRODUCTOS POR UN PERÍODO DE 24 MESES desde su venta, contra cualquier defecto de materiales, fabricación y funcionamiento.

Quedan excluidas de esta garantía las averías que pueden atribuirse al uso indebido o aplicación diferente a la especificada en el pedido, manipulación por personal no autorizado por Tecfluid S.A., manejo inadecuado y malos tratos.

La obligación asumida por esta garantía se limita a la sustitución o reparación de las partes en las cuales se observen defectos que no hayan sido causados por uso indebido.

Esta garantía se limita a la reparación del equipo con exclusión de responsabilidad por cualquier otro daño.

Cualquier envío de material a nuestras instalaciones o a un distribuidor debe ser previamente autorizado.

Los productos enviados a nuestras instalaciones deberán estar debidamente embalados, limpios y completamente exentos de materias líquidas, grasas o sustancias nocivas, no aceptándose ninguna responsabilidad por posibles daños producidos durante el transporte. El equipo a reparar se deberá acompañar con una nota indicando el defecto observado, nombre, dirección y número de teléfono del usuario.

TECFLUID S.A.
Narcís Monturiol, 33
E-08960 Sant Just Desvern
Tel. + 34 933 724 511 - Fax + 34 934 730 854
E-mail: tecfluid@tecfluid.com
Internet: www.tecfluid.com

Las características de los aparatos descritos en este folleto, pueden ser modificadas, sin previo aviso, si nuestras necesidades lo requieren.