



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Industrial y Automática

**Estudio experimental, para determinar la mejor opción para la combustión de aceite vegetal usado con un quemador de emulsión de aire o un quemador asistido por aire.**

Autor:

Lorenzo Ordóñez, Paula

Tutor:

San José Alonso, Julio Fco.

Valladolid, septiembre 2024



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

En el presente TFG se han realizado ensayos de combustión con aceite vegetal usado con dos quemadores diferentes: un quemador de emulsión de aire y un quemador de pulverización asistido por aire.

La finalidad es analizar las emisiones y eficiencia de cada uno de los quemadores y posteriormente comparar ambos. Para ello se han realizado 20 experimentos con el quemador de emulsión en los cuales se va modificando el caudal de aceite y el caudal de aire, y 13 experimentos con el quemador de pulverización asistida por aire en los cuales se va modificando la presión y el caudal de aire.

Tanto la eficiencia como las emisiones se obtienen mediante los resultados obtenidos con un analizador de humos de combustión, que permite caracterizar los productos de la combustión resultantes en cada ensayo experimental, realizados en la instalación del Laboratorio de Calor y Frío Industrial de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid.

Palabras clave: aceites vegetales usados, quemador, combustión, emisiones, eficiencia.



## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	CONTEXTO ENERGÉTICO.....	1
1.2	PLANTEAMIENTO DEL TFG .....	2
1.3	OBJETIVOS .....	4
2	QUEMADORES PARA COMBUSTIBLES LÍQUIDOS.....	5
2.1	INTRODUCCIÓN.....	5
2.2	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	5
2.3	COMPONENTES .....	5
2.4	TIPOS DE QUEMADORES.....	6
2.5	QUEMADORES A ESTUDIO .....	9
3	COMBUSTIBLES LÍQUIDOS .....	11
4	COMBUSTIÓN DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS .....	14
4.1	INTRODUCCIÓN.....	14
4.2	PROCESO DE LA COMBUSTIÓN .....	14
4.2.1	TIPOS DE COMBUSTIÓN .....	15
4.3	ESTEQUIOMETRÍA.....	16
5	INSTALACIÓN EXPERIMENTAL .....	18
5.1	QUEMADORES .....	19
5.2	CÁMARA DE COMBUSTIÓN Y CHIMENEA.....	20
5.3	VENTILADOR .....	21
5.4	EQUIPOS DE ANÁLISIS Y MEDIDA .....	21
6	PROCESO DE ENSAYO.....	23
6.1	FACTORES DE ENSAYO .....	23
6.2	ETAPAS DEL ENSAYO .....	25
7	TOMA DE DATOS .....	27
7.1	INTRODUCCIÓN.....	27
7.2	VALORES DEL QUEMADOR DE EMULSIÓN DE AIRE .....	28
7.3	VALORES DEL QUEMADOR ASISTIDO POR AIRE .....	31
8	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	35
8.1	INTRODUCCIÓN.....	35
8.2	QUEMADOR DE EMULSIÓN DE AIRE .....	35
8.3	QUEMADOR ASISTIDO POR AIRE .....	38
8.4	COMPARACIÓN DE LOS DOS QUEMADORES.....	41



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

9	CONCLUSIONES .....	43
10	BIBLIOGRAFÍA .....	44
11	ANEXOS .....	46





# 1 INTRODUCCIÓN

---

## 1.1 CONTEXTO ENERGÉTICO

En la actualidad el sector energético presenta diversos inconvenientes debido a la alta demanda global de energía y la subida de los precios de los combustibles fósiles y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para acabar con el cambio climático.

El uso de aceites vegetales usados como combustible alternativo es una buena opción debido a la creciente necesidad de encontrar fuentes de energía sostenibles y reducir la dependencia de combustibles fósiles.

España ha adquirido el compromiso de limitar y reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero tanto en ámbito de la Convención de Marco de Naciones Unidas sobre Cambio climático: Protocolo de Kioto, el Acuerdo de París y políticas la Unión Europea.

Además, España se ha marcado objetivos de reducción a través de la Ley 7/2021, del 20 de mayo, del cambio climático y transición energética.(1)

El objetivo europeo es la neutralidad climática de cara al 2050 y reducir las emisiones netas de  $CO_2$  en un 55% de aquí al 2030.

Para conseguir estos objetivos debe haber un esfuerzo común en sectores como son el transporte, la agricultura, la construcción y la gestión de residuos. Estos sectores son los principales responsables de generar la mayoría de los residuos de efecto invernadero de la UE.(2)

Todas estas políticas ayudan a adoptar energías renovables y biocombustibles, incentivando la investigación y el desarrollo de energías limpias.

Las energías renovables representan casi el 30% del consumo de energía en el sector de la electricidad, pero sigue habiendo problemas en los sectores de la calefacción y del transporte.

Es el caso de edificios que requieren fuentes constantes de energía calorífica. Debido a que en ocasiones la calefacción por electricidad no es viable o es muy costosa la combustión puede ser una buena opción. Para estos casos la biomasa es una alternativa sostenible a los combustibles fósiles. La biomasa engloba una variedad de materiales orgánicos entre los que se encuentra el aceite vegetal usado. Este aceite proviene de la industria alimenticia y doméstica. Usar este tipo de combustible ayuda a reducir el impacto ambiental y además de esta manera se aprovecha y no se desperdicia reduciendo así la necesidad de vertederos. La combustión de aceites vegetales usados puede provocar menores emisiones de  $CO_2$  y otros contaminantes.

Se debe estudiar la tecnología de combustión de aceites vegetales usados. Se tiene que analizar la viabilidad en la calidad del aceite y la necesidad de equipos de combustión adecuados. Hay que centrarse en la optimización de la tecnología de combustión para así poder maximizar la eficiencia y reducir las emisiones.



## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL TFG

Este TFG presenta los resultados obtenidos de la combustión de aceite vegetal usado en una instalación experimental en la que se han utilizado dos quemadores específicos para quemar aceites.

Los quemadores utilizados son: uno de emulsión de aire y otro asistido por aire. Ambos quemadores permiten ajustar una serie de parámetros para su funcionamiento óptimo, que en este TFG se ha considerado son: a) las menores emisiones posibles y b) la mayor eficiencia energética del proceso de combustión.

Para el estudio se ha utilizado aceite usado de origen alimenticio, que para poder realizar el estudio ha sido necesario realizar su caracterización fisicoquímica, que permite determinar: los productos de la combustión y la eficiencia de combustión de los quemadores.

La experimentación se ha realizado en una instalación del Laboratorio de Calor y Frío Industrial de la Escuela de Ingenierías industriales de la Universidad de Valladolid. La instalación consta de una caldera con cámara de combustión a presión constante refrigerada por aire, que permite regular la presión de la cámara de combustión y el caudal de aire de refrigeración.

Se ha realizado una matriz de ensayos experimentales ajustando los factores de cada quemador, resultando en 12 casos para el quemador de emulsión y 6 casos para el quemador asistido por aire. En todos los casos, se han medido las emisiones de gases ( $O_2$ ,  $CO$ ,  $NO_x$  y  $C_xH_y$ ) y las temperaturas tanto del aire de combustión como de los gases de escape. Además, se ha determinado el exceso de aire, el porcentaje de  $CO_2$  en los gases de escape y la eficiencia de la combustión.

Los factores óptimos de funcionamiento para cada quemador han sido determinados, correspondiendo estos con las menores emisiones y la mayor eficiencia de combustión. Finalmente, se comparan las dos tecnologías para establecer cuál es la más adecuada, teniendo en cuenta: a) la eficiencia de combustión máxima cumpliendo criterios medioambientales, y b) la eficiencia de combustión asociada a las mínimas emisiones.

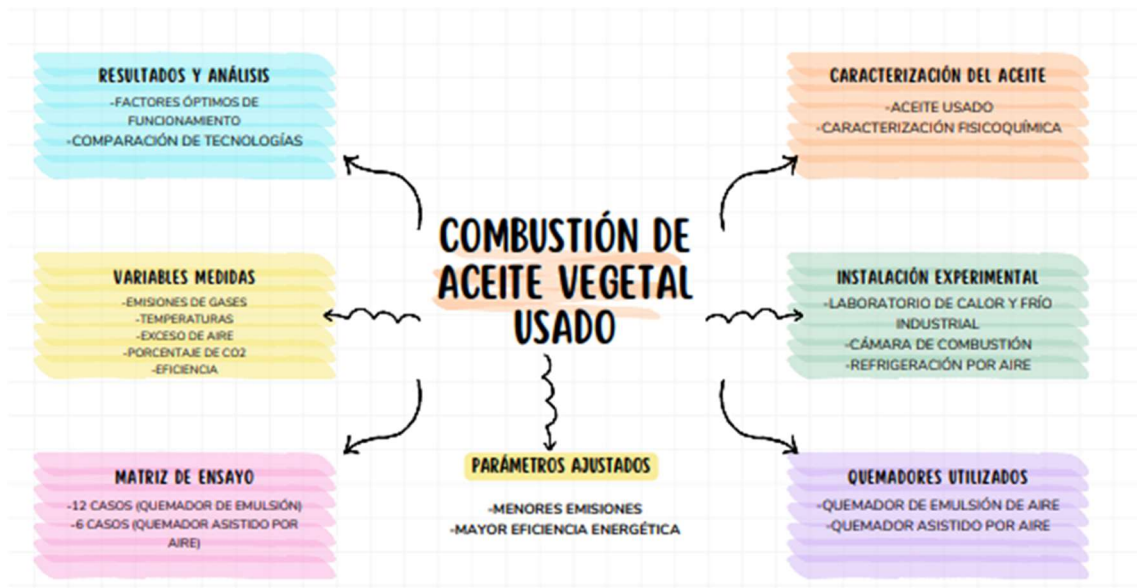


FIG. 1: Diagrama planteamiento del TFG



## 1.3 OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal de este TFG es seleccionar el mejor quemador específico de aceite, para quemar con fines térmicos, el residuo aceite vegetal usado de freidoras industriales. Para lograr este objetivo se fijan los objetivos específicos.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- El primer objetivo es obtener suficiente y caracterizar el aceite vegetal usado. El aceite vegetal usado una vez ha perdido sus características de acidez, es retirado de las freidoras, una vez enfriado, se somete a un filtrado para eliminar sustancias sólidas. La caracterización fisicoquímica es necesaria para el estudio de los resultados de combustión.
- El segundo objetivo es la puesta en marcha de los quemadores. Se instalarán y se realizará la puesta en marcha de los quemadores en la instalación experimental del Laboratorio de Calor y Frío industrial de la Escuela de Ingeniería Industriales.
- El tercer objetivo es establecer los parámetros de regulación de cada quemador para optimizar la combustión y reducir las emisiones contaminantes, así como establecer los rangos de funcionamiento en los que se tiene una combustión estable.
- El cuarto objetivo es establecer la matriz de ensayos y la metodología a seguir en el proceso de experimentación.
- El quinto objetivo es la experimentación y validación que los resultados son coherentes, en cada ensayo antes de guardar los resultados se analizan los datos medidos, para evitar errores de medida.
- El sexto es el análisis de los resultados medidos para determinar las mejores condiciones de funcionamiento de cada quemador en cuanto a emisiones de gases y eficiencia de combustión.
- El séptimo es seleccionar el quemador más adecuado para este residuo en base a las emisiones y la eficiencia energética.



## 2 QUEMADORES PARA COMBUSTIBLES LÍQUIDOS

### 2.1 INTRODUCCIÓN

Un quemador se define como un dispositivo especialmente diseñado para realizar la combustión de un combustible en combinación con el oxígeno del aire y de este modo generar energía calorífica.(5)

Es necesaria:

- a) Una adecuada proporción entre combustible y el oxígeno del aire para que se produzca la combustión.
- b) La mezcla de combustible y oxígeno debe llevarse a cabo, originando una mezcla uniforme.
- c) Se tiene que superar la temperatura de ignición para que se produzca la reacción de combustión.

### 2.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El combustible líquido se almacena en un depósito y se suministra al quemador a través de una bomba. Esta bomba es la que se encarga de aportar el combustible al sistema de pulverización de la boquilla que fija el caudal de combustible (potencia del quemador).(5)

### 2.3 COMPONENTES

A continuación, se van a explicar los principales componentes de un quemador(6).

#### 1. BOMBA DE COMBUSTIBLE

La bomba de combustión aspira el combustible desde el tanque de almacenamiento y suministra la presión suficiente al sistema de la pulverización del combustible en la boquilla.

#### 2. BOQUILLA O CHICLER

La boquilla, es la pieza que se encarga de regular la potencia del quemador. Tiene un orificio que fija el caudal según la presión de suministro. Si se modifica el diámetro del orificio el potencial varía para la misma presión de suministro. La boquilla es la encargada de pulverizar al combustible y fija la tecnología del quemador.

#### 3. VENTILADOR

El ventilador aporta la cantidad de aire necesaria para la combustión, en función del caudal de combustible.

#### 4. MOTOR

El eje del motor arrastra la bomba y el ventilador. En grandes quemadores puede existir dos motores independientes.

#### 5. CIRCUITO DE ENCENDIDO

Se utiliza el encendido eléctrico por arco de chispa que salta entre dos electrodos. Los elementos del circuito de encendido son: transformador eléctrico, electrodos y porta electrodos. Solo funcionan en periodos de arranque del quemador.



#### 6. CAJA DE CONTROL

La caja de control es la encargada de realizar las funciones de automatismo del quemador, para la puesta en marcha, la vigilancia de la continuidad de la combustión y la seguridad de su funcionamiento.

#### 7. ELECTROVÁLVULAS

Las electroválvulas son dispositivos que tienen un selenoide, es decir, incluyen un campo magnético especialmente uniforme. Gracias a este campo magnético especial, este componente cumple la función de regular el caudal de combustible que va hacia las boquillas.

#### 8. CABEZAL DE COMBUSTIÓN

El cabezal de combustión es la parte del quemador donde se mezcla el combustible pulverizado con el aire y se inicia la combustión.

## 2.4 TIPOS DE QUEMADORES

Se va a clasificar los quemadores de combustión líquidos en función de la forma empleada para la pulverización del combustible. Lo primero que un quemador para líquidos debe cumplir es poner el combustible en fase gaseosa o pulverizarlo en gotas de diámetro menor que una micra para que se mezcle íntimamente con el aire. Según esto, los quemadores pueden ser(7) (8):

#### 1. Quemadores de vaporización o gasificación.

En ellos, el combustible pasa a vapor y en esa fase se produce la combustión.

El elemento principal de todos los quemadores por vaporización es una cazoleta o cubeta formada por taza o crisol y por un difusor de aire.

Los quemadores de vaporización pueden tener tiro natural o ventilador.

En este caso, el combustible tiene una viscosidad inferior a 11,37 cSt a 10 °C y solo alcanza potencias de hasta 35 kW.

#### 2. Quemadores de pulverización.

En ellos, el combustible, en estado líquido, se pulveriza, en primer lugar, en pequeñas gotas y, posteriormente, vaporiza, produciéndose combustión.

A su vez los quemadores de pulverización se clasifican en:

- **Quemadores de pulverización por fluido auxiliar**

La energía necesaria es aportada por un fluido auxiliar que puede ser vapor, aire comprimido o gas combustible comprimido. A su vez, según el combustible que se emplea y la presión a la que se somete el fluido auxiliar, se clasifican en:

- Aire o neumática: a baja presión (0,1 a 0,5 atm), a media presión (0,1 a 1,5 atm), a alta presión (0,5 a 7 atm)
- Vapor de agua



- **Quemadores de pulverización mecánica centrífuga**

En este caso, el combustible se impulsa a través de un eje hueco a una pieza troncocónica, llamada copa, que gira a gran velocidad (3000 a 4000 rpm), al alcanzar el extremo de la copa, tiende a disgregarse en diminutas partículas.

- **Quemadores de pulverización mecánica por presión directa**

En ellos se hace pasar el combustible, bajo presión, por un orificio estrecho añadiendo un movimiento de rotación que le confiere la energía suficiente para atomizarlo a la salida de la boquilla. Para esto el combustible se impulsa a una presión de entre 14 y 20 atm.

### 3. Quemadores de emulsión:

Consiste en producir una emulsión del combustible líquido con un fluido auxiliar, generalmente agua o aire, en un aparato llamado emulsificador. Al comenzar la combustión con una gota de emulsión, se produce la rápida evaporación de la fracción de agua contenida en ella, provocando el fraccionamiento de la gota en infinitas partículas.



En la Tabla 1 se incluyen las principales características de los quemadores mencionados a modo resumen.

**Tabla 1 Quemadores de combustión líquidos(8)**

Tipo de quemador	Principio	Presión de combustión en tobera (atm)	Viscosidad máxima en tobera (cSt)	Campo de regulación	Consumo fluido auxiliar (kg f.a./kg comb)	Presión fluido auxiliar (atm)	Potencia requerida por kg de combustible (kWh/kg)	
Vaporización	Térmico	0	11,37	No	No	No	>>0,05	
Pulverización	Presión directa	14-20	15,16-22,74	1:1,2	No	No	0,05	
	Presión con	20-30		1:3			>0,05	
	Por fluido auxiliar	Vapor a alta presión	0,5-12	37,9-60,64	1:6	0,1-0,15 (vapor a 7-10 atm) 0,2-0,3 (vapor <<7 atm)	0,5-10	0,1-0,15
		Presión directa f.auxiliar	20	15,16-22,74	1:10	0,03 0,06	Aire 1,5 a 6 Vapor 3 a 10	0,07
		Aire alta presión	0,7-7	22,74-60,64	1:5	0,3	1,5-8	0,1-0,15
		Aire media presión	0,1-1,5	15,16-60,64	1:5	0,4-0,5	0,5-1,5	0,08-0,1
		Aire baja presión	0,1-0,5	15,16-60,64	1:5	15 a 30% del aire de combustión	0,5-1	0,08-0,15
	Copa rotativa	Fuerza centrífuga	0	22,74-60,64	1:4	10 a 15% del aire de combustión	0,25-0,3	0,07

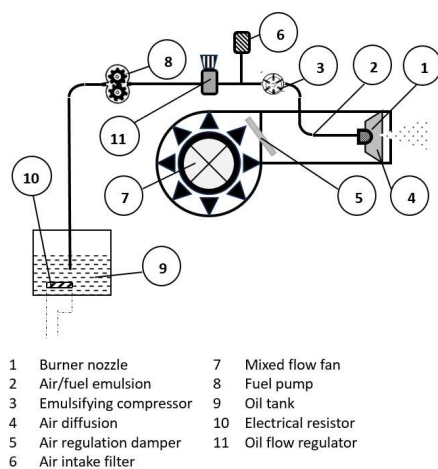


## 2.5 QUEMADORES A ESTUDIO

En el presente TFG la experimentación se va a realizar con dos quemadores, uno de ellos emplea pulverización asistida por aire y el otro, emulsión de aire.

Se van a utilizar estos quemadores debido a que los aceites que se van a emplear tienen altas viscosidades, (34,50 (mm<sup>2</sup>/s)).

El quemador de emulsión de aire es de la casa AR-CO modelo BR5, con una regulación de caudal de aceite entre 1,2 a 5 (kg/h), para un combustible a la presión de 0,2 bar con una viscosidad de 37,5 cSt a 50 °C y precalentado a 70 °C. Este quemador permite la combustión de aceites con viscosidad cinemática comprendidas entre 25 a 110 cSt a 50 °C. en la figura 1 se puede ver un esquema de principio y una foto del quemador de emulsión AR-CO BR5.



**FIG. 1: Quemador AR-CO (Elaboración propia)**

En el quemador de emulsión de la marca AR-CO en primer lugar se efectúa un prelavado interno del quemador. Posteriormente, la electroválvula se abre, el quemador manda combustible y se enciende. El combustible pasa a través del filtro magnético y es aspirado por la bomba. Después, es empujado a través del filtro hacia la caja del compresor donde la resistencia, regulada por el termostato, calienta el combustible hasta obtener la temperatura prefijada. El grifo de purga permite eliminar el agua u otras impurezas que podrían quedarse en el mismo compresor. En la salida de la caja del compresor el combustible es enviado a través de la electroválvula hasta el rotor del compresor. Durante el funcionamiento, se aspira aire por el tubo toma de aire primario en el conjunto rotor y paletas del compresor. El aire primario es así pulverizado con el combustible, dando origen a una perfecta emulsión.

En el Anexo 1 se recoge toda la información acerca de los quemadores AR-CO.

El quemador de pulverización asistida es de la casa CYCLON modelo J-25, con una regulación de caudal de aceite entre 2,4 a 3,4 (kg/h), por aire a presión entre 0,4 a 1 bar, combustible con una viscosidad de 37,5 cSt a 50 °C y precalentada a 100 °C. Este quemador permite la combustión de aceites con viscosidad cinemática comprendidas entre 24 a 75 cSt a 50 °C. en la figura 2 se puede ver un esquema de principio y una foto del quemador de emulsión CYCLON modelo J-25.

En el quemador de pulverización asistida por aire de la marca Cyclon, el combustible será bombeado desde el tanque de almacenamiento por la bomba incorporada hacia el depósito del quemador. Un interruptor flotante doble regula el nivel en el depósito y apaga el quemador en caso de llenado excesivo. El interruptor del flotador del depósito de rebose detiene el quemador en caso de que se derrame aceite a dicho depósito. Un termostato regula la temperatura del aceite en el quemador y enciende automáticamente el quemador tan pronto como se alcance la temperatura seleccionada. Un termostato adicional evita el sobrecalentamiento. Una boquilla especial succiona el combustible, utilizando el aire comprimido que pasa por ella y que sirve como aire primario para la combustión y lo atomiza. El ventilador de combustión suministra el aire secundario, que es mezclado con la niebla de pulverizada en el anillo de llama. De este modo se garantiza una combustión perfecta y un funcionamiento seguro.

En el Anexo 2 se recoge toda la información acerca de los quemadores Cyclon.

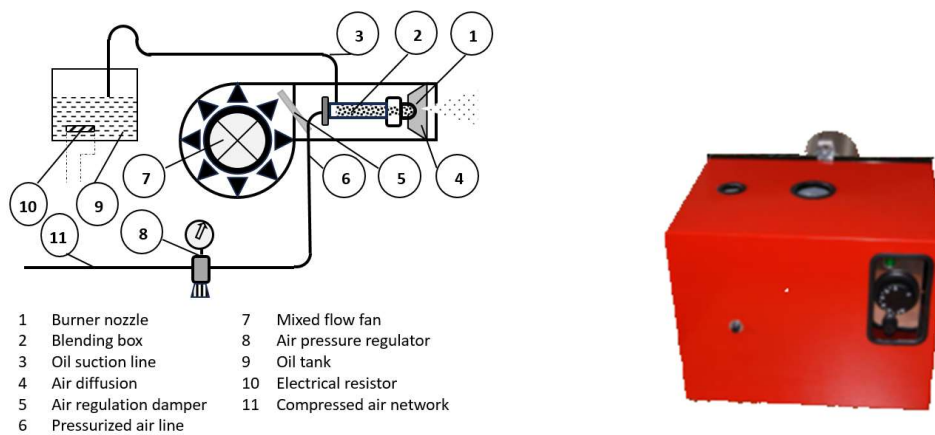


FIG. 2: Quemador Cyclon (Elaboración propia)



### 3 COMBUSTIBLES LÍQUIDOS

Los combustibles líquidos se caracterizan por encontrarse en fase líquida a temperatura ambiente y presión atmosférica.

Las propiedades a determinar de los combustibles líquidos son(9):

- Análisis del combustible(10) (11) (12): comprende la determinación de: humedad, cenizas, carbono, hidrógeno, oxígeno, azufre, nitrógeno, vanadio. Los resultados se expresan en tanto por ciento en peso.
- Densidad(13): la densidad es la masa por unidad de volumen, o peso en vacío del producto, a una temperatura dada.

$$D = \frac{M}{V} \left( \frac{kg}{dm^3} \right) \quad (Ec 1)$$

La densidad relativa es la relación entre el peso específico o densidad del fluido y el peso específico o densidad del agua cuando se trata de líquidos, carecientes de dimensiones.

$$Densidad\ relativa(d) = \frac{D_{líquido}}{D_{agua}} = \frac{P_{líquido}}{P_{agua}} \quad (Ec 2)$$

La densidad es función de la presión y la temperatura. En la práctica los efectos de la presión se pueden despreciar ya que los líquidos tienen un reducido coeficiente de compresibilidad.

- Viscosidad(14): es la medida física de la resistencia que opone un líquido a fluir cuando se le aplica una fuerza exterior.  
Es una de las principales propiedades de los líquidos, y se determina midiendo la resistencia que pone un líquido para fluir y deformarse, cuando mayor es esa fuerza más viscosa.

La siguiente expresión de la viscosidad fue expresada por Newton:

$$\mu = \frac{\tau}{\frac{dv}{dy}} \quad (Nxs/m^2) \quad (Ec 3)$$

La viscosidad cinemática se obtiene con el cociente entre la viscosidad absoluta y la densidad. Su unidad es el Stoke aunque la unidad más conveniente es el centiStoke(cSt).

Donde  $\mu$  se refiere al coeficiente de viscosidad, viscosidad absoluta, viscosidad dinámica o simplemente viscosidad del fluido,  $\tau$  es el esfuerzo de corte entre dos finas láminas cualesquiera y  $dv/dy$  es el gradiente de velocidad.

- Poder calorífico(15): indica la cantidad de calor liberado cuando al someterse a un proceso de combustión se obtiene unos productos en su estado final de oxidación a igual presión y temperatura, que los reactivos. Se expresa en MJ/Kg o en Kcal/Kg. Se distinguen a su vez entre:



- Poder calorífico superior (PCS): es la cantidad de calor desprendido en la combustión completa de 1 kg de combustible cuando el vapor de agua originado en la combustión esta condensado. Se determina por mediciones directas en bomba calorimétrica.
  - Poder calorífico inferior (PCI): el significado es igual al del PCS excepto en que el agua de la combustión se encuentra en estado de vapor. Se determina mediante cálculos.
- 
- Punto de inflamación (16): indica la temperatura a la cual el combustible, ensayado según una norma determina, emite suficientes vapores, provocados por el calentamiento, para que puedan inflamarse por la acción de una llama piloto. Se expresa en °C.
  - Punto de enturbiamiento (17): solo esta especificado para los gasóleos y aceites y es la temperatura, expresada a intervalos de 1°C, a la cual aparecen los primeros cristales de parafina en una muestra contenida en un recipiente, cuando se enfría bajo ciertas condiciones prescritas.

En este TFG se va a utilizar como combustible aceite vegetal usado en alimentación, la composición química, así como las propiedades físicas del aceite vegetal usado han sido determinados por el Laboratorio Regional de Combustibles de Castilla y León (LARECOM), los resultados se muestran en la tabla 2.



Tabla 2: Resultados del aceite usado que se ha utilizado en la experimentación

PROPIEDAD	VALOR	UNIDADES	NORMA
Carbono	77,4	%	ASTM 5291
Hidrógeno	11,2	%	ASTM 5291
Nitrógeno	0,02	%	ASTM 5291
Azufre	4,10	%	ASTM 1552
Oxígeno	11,36	%	-
Poder calorífico superior (PCS)v	9424	Kcal/Kg	ASTM 240
Poder calorífico inferior (PCI)v	8874	Kcal/Kg	ASTM 240
Poder calorífico inferior (PCI)p	8856	Kcal/Kg	ASTM 240
Cenizas	0,004	%m/m	EN 6245
Viscosidad a 40°	34,50	mm <sup>2</sup> /s	ASTM 445
Viscosidad a 100°	8,15	Kg/m <sup>3</sup>	ASTM 445
Densidad a 15°	922,0	Kg/m <sup>3</sup>	EN 12185
Densidad a 35°	908,4	Kg/m <sup>3</sup>	EN 12185
Densidad a 60°	891,6	Kg/m <sup>3</sup>	EN 12185

En el Anexo 3 se recogen los datos administrativos y resultados obtenidos por el Laboratorio Regional de Combustibles de Castilla y León (LARECOM) tras mandarles una muestra del aceite que se utiliza en este TFG.



## 4 COMBUSTIÓN DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS

### 4.1 INTRODUCCIÓN

La combustión es el conjunto de reacciones químicas de oxidación mediante las cuales se produce la conversión de la energía química residente en los combustibles en energía térmica (8) (18).

Para que esta reacción tenga lugar se deben de cumplir tres condiciones:

- La existencia de combustible y comburente.
- Que se mezclen el combustible y el comburente en porcentaje adecuado.
- Que se le aporte una energía inicial.

### 4.2 PROCESO DE LA COMBUSTIÓN

La combustión ocurre cuando los elementos que constituyen el combustible entran en contacto, bajo ciertas condiciones, con el oxígeno. En específico, para la combustión, el oxígeno proviene de una mezcla de sustancias, en la cual está contenido y que se denomina comburente. El comburente más común es el oxígeno del aire. El aire seco es una mezcla de diferentes gases, que varían según se trabaje en masa o en volumen, como se recoge en la Tabla 3.

Tabla 3: Composición del aire(8)

Aire	% en volumen		% en peso	
	Real	Uso	Real	Uso
Nitrógeno	78.03	79	75.45	76.8
Oxígeno	20.99	21	23.2	28.2
Argón	0.94	0	1.3	0
CO2	0.03	0	0.05	0
Otros	0.01	0	despreciable	0
Peso molecular (kg/kmol)			28,967	0

La mezcla combustible-comburente para que pueda quemarse, el combustible no debe superar un porcentaje de comburente, que se denomina límite superior de inflamabilidad y no debe bajar del límite inferior de inflamabilidad para que se tenga combustión. Esto se muestra en la Figura 3 .(8)

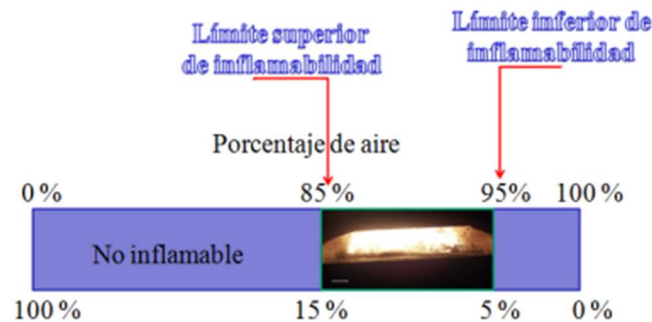


FIG. 3: Porcentaje de combustible para Gas Natural (Libro Ingeniería Térmica)

El proceso de combustión se realiza en tres fases(8):

1. En primer lugar, en la combustión, se debe aportar cierta energía, que consiga la ionización de los reactivos y el inicio de la combustión. Con esta energía se van a conseguir una cierta presión y temperatura denominado punto de ignición. Cuando la combustión evoluciona espontáneamente se habla de fase de propagación de la combustión.
2. En la segunda fase tiene lugar la oxidación, en la cual se libera la mayor parte del calor.
3. En esta última fase se completa la oxidación y se forman los productos que serán los componentes de los gases de combustión. Con el empleo del aire los productos más comunes son  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $O_2$ ,  $CO$ ,  $NO_x$ ,  $SO_x$ , además del  $N_2$  del aire que como el combustible reacciona solo con el oxígeno pasa integro sin reaccionar. Estos productos dependen de la composición y cantidad de los reactivos, combustible y comburente además de la temperatura y la presión en las que se produce la reacción.

#### 4.2.1 TIPOS DE COMBUSTIÓN

Se puede clasificar los tipos de combustión en función del grado de oxidación del combustible o en función de la cantidad de aire implicada en la reacción(19).

En función del grado de oxidación se distingue entre:

- Combustión completa. En este tipo de combustión aparecen en los humos elementos totalmente oxidados.
- Combustión incompleta. Este tipo de combustión aparecen elementos que todavía no están totalmente oxidados.

En función de la cantidad de aire implicada se distingue entre:

- Combustión con defecto de aire. En este tipo de combustión se aporta una cantidad de aire menor que el mínimo necesario. Existe en este caso presencia de sustancias combustibles en los gases o humos de reacción por lo que se tiene una combustión incompleta.
- Combustión estequiométrica. En este tipo de combustión se aporta a la reacción la cantidad de aire estrictamente necesaria para tener una combustión completa.



- Combustión con exceso de aire. En este tipo de combustión se aporta una cantidad de aire superior al estequiométrico. En esta reacción en los productos de la combustión hay presencia de oxígeno en los gases de combustión.

En la práctica el objetivo es conseguir combustiones completas que se aproximen a la combustión estequiométrica. Cuanto mayor es la cantidad de aire que se aporta a la combustión se incrementan las pérdidas por humos.

Para determinar el exceso o defecto de aire que se aporta a la combustión se utiliza el coeficiente de exceso de aire, el cual se define como la relación entre la cantidad de aire real y la cantidad de aire estequiométrico (20):

$$n = \frac{\text{aire real}}{\text{aire estequiométrico}} \quad (\text{Ec 4})$$

Será:

- $n < 1$  para la combustión con defecto de aire
- $n = 1$  para la combustión estequiométrica
- $n > 1$  para la combustión con exceso de aire

En el caso de los combustibles líquidos el coeficiente de exceso de aire es superior a 1,2.

También se puede medir el porcentaje de exceso de aire mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ exceso de aire} = \frac{\text{aire real} - \text{aire estequiométrico}}{\text{aire estequiométrico}} \times 100 \quad (\text{Ec 5})$$

### 4.3 ESTEQUIOMETRÍA

La estequiometría es la aplicación del principio de conservación de la masa a los componentes de las reacciones químicas.

El ajuste de las ecuaciones permite determinar las cantidades de reactivos y de productos que participan en la reacción. Si conocemos la composición del combustible y la composición del aire comburente, mediante la estequiometría podemos determinar en el caso de combustión completa, las cantidades de productos generados. (8)

Los productos que se van a generar son:

$$C \frac{kg_C}{kg \text{ comb.}} + S \frac{kg_S}{kg \text{ comb.}} + O \frac{kg_O}{kg \text{ comb.}} + N \frac{kg_N}{kg \text{ comb.}} + H \frac{kg_H}{kg \text{ comb.}} + OTROS$$

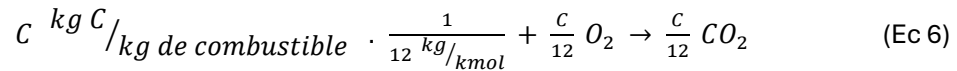
De manera que:  $C+S+O+N+H+OTROS=1$

Aplicando balances de masa en las reacciones elementales y conocidos los pesos moleculares de cada elemento se obtienen las ecuaciones de combustión siguientes:

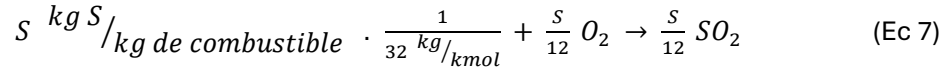




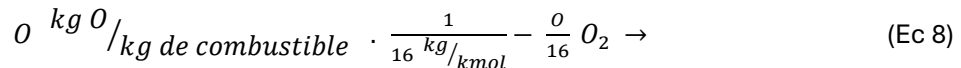
- Ecuación de la combustión de carbón:



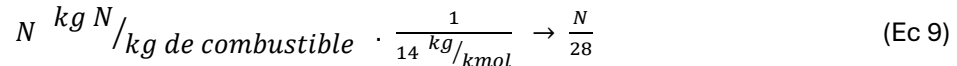
- Ecuación de la combustión del azufre:



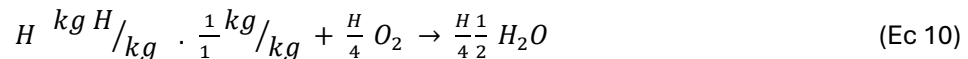
- Ecuación de la combustión del oxígeno:



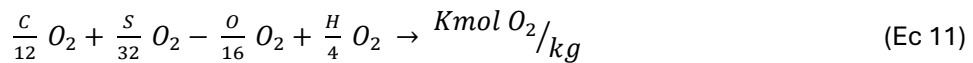
- Ecuación de la combustión del nitrógeno:



- Ecuación de la combustión del hidrógeno:



De esta manera se obtiene:



En la siguiente tabla se presentan las expresiones para la determinación de la masa y el volumen de aire seco y húmedo en la combustión estequiométrica.

Tabla 4: Aire de combustión estequiométrica(8)

Masa de $O_2$ ( $M_{O_2}$ ) necesaria para la combustión por kg de combustible. (kg/kg)	$M_{O_2}=2,666C+8H+S-O$
Masa de aire seco ( $M_A^0$ ) necesario para la combustión por kg de combustible. (kg/kg)	$M_A^0=11,52C+34,56H+4,32S-4,32O$
Volumen de aire seco ( $V_A^0$ ) necesario para la combustión. ( $m^3N/kg$ )	$V_A^0=8,885C+26,656H+3,332S-3,332O$
Masa de aire húmedo ( $M_{AX}^0$ ) necesario para la combustión por kg de combustible. (kg/kg)	$M_{AX}^0=M_A^0+V_A^0 \cdot x$ X=humedad específica del aire ( $kg_{agua}/m^3$ de aire seco)
Volumen de aire húmedo ( $V_{AX}^0$ ) necesario para la combustión. ( $m^3N/kg$ )	$V_{AX}^0=V_A^0+1,244 V_A^0 \cdot x$

## 5 INSTALACIÓN EXPERIMENTAL

Este capítulo describe la instalación utilizada para las combustiones de las muestras de estudio.

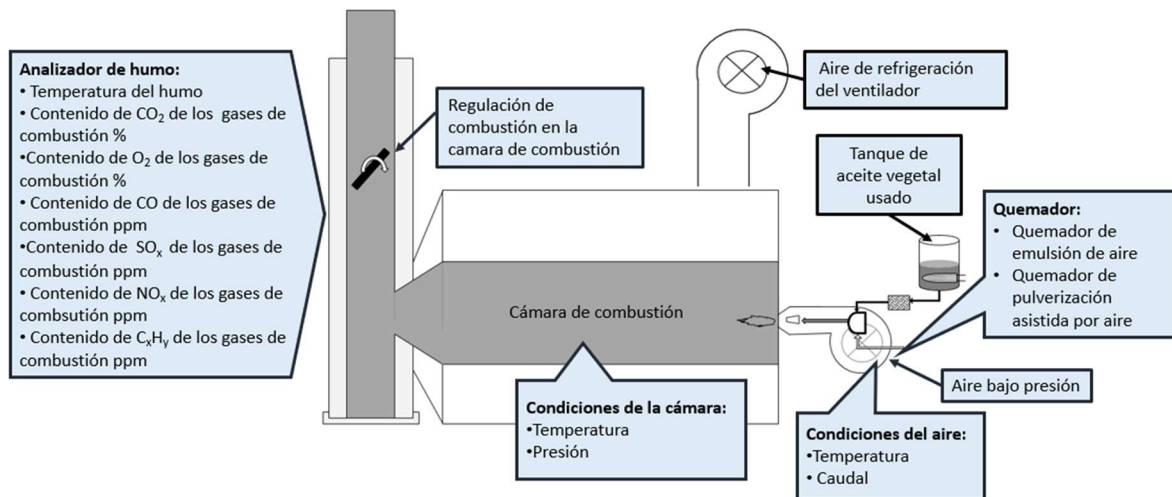


FIG. 4: Esquema de la instalación experimental (Elaboración propia)

Esta instalación se conforma principalmente de:

1. Quemador
2. Cámara de combustión
3. Chimenea
4. Ventilador
5. Analizador



FIG. 5: Imagen de la instalación experimental (Elaboración propia)

## 5.1 QUEMADORES

Los dos quemadores que se van a utilizar para esta experimentación han sido explicados en el punto 1.5.

En la figura 6 se observa el montaje del quemador de pulverización asistida por aire y el montaje del quemador de emulsión.



FIG. 6: a) Quemador de pulverización asistida por aire      b) Quemador de emulsión de aire  
(Elaboración propia)

## 5.2 CÁMARA DE COMBUSTIÓN Y CHIMENEA

La cámara de combustión y la chimenea están fabricadas por acero inoxidable.

Como se observa en la figura 7 la cámara de combustión se encuentra de manera horizontal y la chimenea, está unida a ella de manera vertical. Ambas estas unidas por una chapleta fijada a 45° mediante la cual se puede regular la contrapresión existente en su interior.



FIG. 7: Cámara de combustión y chimenea (Elaboración propia)

### 5.3 VENTILADOR

El calor que se genera por el quemador se va a disipar a través de aire en un circuito abierto que rodea la cámara de combustión y la chimenea. El aire es aportado por un ventilador soplante.



FIG. 8: a) Ventilador soplante

b) Unión del ventilador a la cámara de combustión

(Elaboración propia)

### 5.4 EQUIPOS DE ANÁLISIS Y MEDIDA

El análisis de los productos de la combustión es una comprobación para asegurar una correcta combustión y así se puede detectar las combustiones con exceso de  $\text{CO}_2$ .

Se utiliza un analizador de combustión modelo Testo modelo 350, que es un equipo que mide temperatura de productos de la combustión y en ocasiones simultáneamente la temperatura del ambiente y además los productos de la combustión.



FIG.9: Analizador de la combustión (Elaboración propia)





A continuación, en la Tabla 5 se recogen las características del analizador Testo modelo 350.

**Tabla 5: Características del Analizador Testo modelo 350**

Analizador de humos marca TESTO modelo 350	
Termómetro tipo k	Rango -40 a 1200°C ±0,1°C
Sonda de O <sub>2</sub> electroquímica	Rango 0% a 21%
Sonda de CO <sub>2</sub> electroquímica	Rango 0% a 100%
Sonda de CO (con compensación de H)	Rango 0 a 4000 ppm
Sonda de NO <sub>x</sub> celda electrolítica	Rango 0 a 3000 ppm
Sonda de SO <sub>x</sub> electroquímica	Rango 0 a 1450 ppm
Sonda de Hidrocarburos electroquímica	Rango 0 a 5500 ppm
Sonda de temperatura (Cinco sondas)	
Termopar tipo	K
Intervalo de medida	-40° a 1000°C ±0,5°C
Sonda de presión (cuatro sondas)	
Manómetros	Tipo Espiral
Intervalo presión impulsión	1 a 40 bar precisión 1%
Intervalo presión aspiración	0,2 a 1 bar precisión 1%

En el Anexo 4 se recoge el certificado de calibración por Instrumentación y Servicios de Calibración, S.L., (ISCAL).

## 6 PROCESO DE ENSAYO

### 6.1 FACTORES DE ENSAYO

Antes de comenzar con la experimentación y recoger los datos que se obtienen de la combustión es necesario regular ciertos factores de ambos quemadores.

En el quemador de emulsión se van a regular dos factores:

- El caudal de aceite en (kg/h) con seis posiciones. Para el estudio se han utilizado solo tres posiciones con un caudal para el aceite vegetal usado que se recoge en la figura 10.



FIG. 10: Posiciones caudal de aceite (Elaboración propia)

- El caudal del aire (kg/h), que tiene una regulación muy amplia, después de hacer algunas pruebas de combustión, se fijan tres posiciones con un caudal de aire que se recogen en la figura 11.



FIG. 11: Posiciones caudal de aire (Elaboración propia)

Tabla 6: Regulación de la posición el aceite del quemador de emulsión

Posición aceite	1	3	6
(kg/h)	5,38	6,90	7,56

Tabla 7: Regulación de la posición de aire del quemador de emulsión

Posición aire	min	med	max
(kg/h)	152,0	194,4	213,0

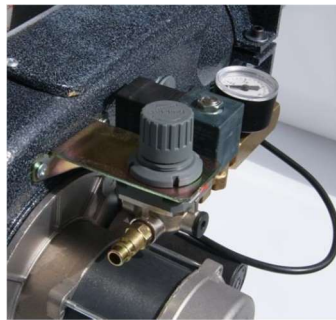
Por lo tanto, la matriz de ensayos de este quemador se presenta en la tabla 8.

**Tabla 8: Matriz de ensayos del quemador de emulsión**

(AIR) \ (OIL)	min	med	max
1	1-min	1-med	1-max
3	3-min	3-med	3-max
6	6-min	6-med	6-max

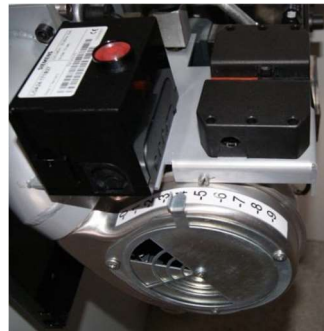
Por otro lado, en el quemador de pulverización se van a regular otros dos factores:

- La presión, que se incrementara de manera continua. Se seleccionan tres presiones: 0,6, 0,8 y 1.



**FIG.12: Regulación de la presión (Elaboración propia)**

- El caudal de aire (kg/h), que tiene una regulación muy amplia, después de hacer algunas pruebas de combustión, se fijan dos posiciones con un caudal de aire que se recoge en la figura 13.



**FIG.13: Posiciones del caudal de aire (Elaboración propia)**

**Tabla 9: Regulación de la posición de la presión del quemador de pulverización**

Posición (PR)	a	b	c
(bar)	0,6	0,8	1

**Tabla 10: Regulación de la posición del aire del quemador de pulverización**

Posición (AIR)	1	2
(kg/h)	21,17	22,55





Por lo tanto, la matriz de ensayos de este quemador se presenta en la tabla 11.

**Tabla 11: Matriz de ensayos del quemador de pulverización**

(PR) \ (AIR)	1	2
a	a-1	a-2
b	b-1	b-2
c	c-1	c-2

## 6.2 ETAPAS DEL ENSAYO

Durante los ensayos realizados durante la experimentación se distinguen las siguientes etapas:

1. Instalación y conexión del quemador  
En primer lugar, es necesario conectar el ventilador a la cámara de combustión para aportar el aire necesario. Posteriormente se conecta también el quemador correctamente, de manera que se asegure que la llama se dirija directamente hacia la cámara de combustión, garantizando una combustión eficiente y segura.
2. Encendido del quemador y control de la instalación  
Para encender el quemador se utiliza aceite vegetal usado como combustible. Después de encenderlo, se debe esperar unos 15 minutos aproximadamente para que las condiciones operativas se establezcan adecuadamente. Este tiempo de espera es crucial para asegurar un funcionamiento óptimo del quemador y evitar cualquier tipo de inconveniente durante su operación.
3. Configuración de parámetros  
La configuración de los parámetros del quemador depende del tipo de tecnología utilizada:
  - Quemador de pulverización asistida por aire: Se debe regular tanto la presión como la cantidad de aire suministrado.
  - Quemador de emulsión: Es necesario ajustar la cantidad de combustible y la cantidad de aire de manera precisa para lograr una combustión eficiente.
4. Ensayo  
Una vez que se han alcanzado las condiciones estacionarias para realizar la medición de humos, se introduce la sonda del analizador en la chimenea. Se observa como la temperatura de los humos va en aumento hasta estabilizarse. Cuando la temperatura se mantiene constante, se retira la sonda y se imprimen los datos recolectados.

En la toma de datos de cada caso de estudio se realizan al menos tres medidas, que deben tener una desviación de menos del 5%, para ser admitida como válida y los valores que se recogen en resultados es un valor medio.

Para evitar fallos en el registro de los datos después de cada ensayo se procede al reinicio del analizador lo que nos lleva unos minutos. Una vez reseteado se hace de nuevo otro ensayo.

5. Cambio de parámetros

Una vez se han recogido los datos con las regulaciones preestablecidas, se procede a cambiar esta regulación. Después de cada ajuste se debe esperar otra vez unos minutos para que se vuelvan a estabilizar las condiciones. Una vez estabilizadas, se repiten los ensayos siguiendo el mismo procedimiento detallado anteriormente.

6. Apagado

Una vez se finalizan los ensayos se apaga el quemador y se debe limpiar la instalación para un futuro uso.

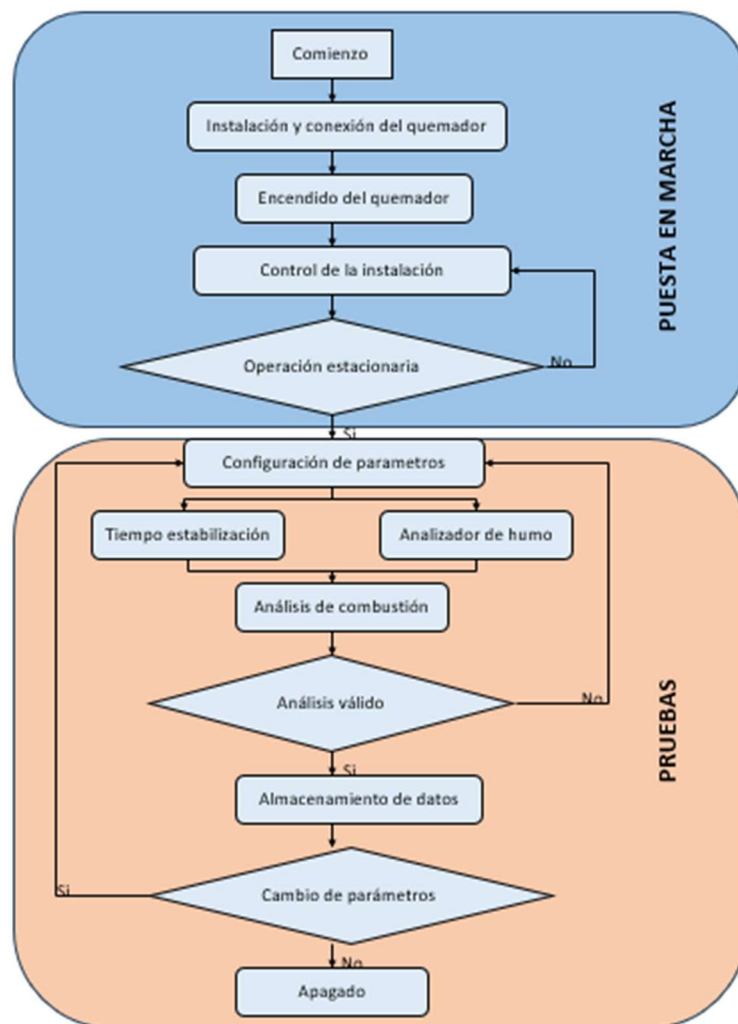


FIG.14: Diagrama de flujo del proceso de ensayo (Elaboración propia)



## 7 TOMA DE DATOS

### 7.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se van a presentar los datos experimentales recopilados durante los ensayos de combustión.

El día 20 de mayo de 2024 a las 12:00h se comenzó con la experimentación del presente TFG y se terminó aproximadamente a las 20.00h.

En cada ensayo se imprimen con el analizador los datos recogidos como aparece en la figura 15.

```
-----  
      Testo t350 XL  
SN: 01850152 /E  
-----  
      9  
-----  
      NONAME  
20.05.24   13:08:04  
  
Comb.: GasNatural  
17.28      % Oxígeno  
5.64      Exceso aire  
2.11      % CO2  
233      ppm CO  
21      ppm NO  
8.0      ppm NO2  
29      ppm NOx  
0      ppm SO2  
310      ppm CxHy  
21.1      °C Temp. amb.  
307.0     °C Temp. humos  
54.2      % Pér.por chim  
-----  
24      ppm H2  
3.0      % O2ref  
11.9     % CO2max  
34.9     °C Punto rocío  
45.0     % REN  
1.12     l/m Caudal bomba  
-----  
hPa Tiro  
-----  
Temperatura de : --- °C  
-----  
fi
```

FIG.15: Impreso con los datos recogidos con el analizador (Elaboración propia)

En cada ensayo se han medido directamente las siguientes variables: temperatura de humos, oxígeno ( $O_2$ ), óxido de carbono ( $CO$ ), óxido de nitrógeno ( $NO$ ), dióxido de azufre ( $SO_2$ ), hidrocarburos ( $C_xH_y$ ).

El equipo contiene la composición elemental de combustible convencionales, en este caso se tomó Gas Natural, lo que le permite determinar: el porcentaje de  $CO_2$  en humos y el exceso de aire y la eficiencia energética de la combustión. Para determinar estos tres valores para el



aceite vegetal usado se ha elaborado una hoja Excel que permite determinar los parámetros, en la figura 16 se muestra la hoja Excel desarrollada.

AC usado		Estequiometria		Combustión		Calculos	
C (kg/kg)	0,774	M <sub>aire estequiomé</sub>	12,473568	O <sub>2</sub> (% humos)	17,28	n (exceso de	5,38349418
N (kg/kg)	0,0002	M <sub>humos estequior</sub>	12,506368	T <sub>humos (°C)</sub>	307	M <sub>humos reales (k</sub>	67,1841807
H (kg/kg)	0,112	V <sub>aire estequiométi</sub>	9,6205588	T <sub>referencia (°C)</sub>	21,1	η Rendimiento con	47,4638613
O (kg/kg)	0,1136	V <sub>humos estequior</sub>	9,078622	Cp <sub>humos (kcal,</sub>	0,2426	V <sub>CO2/Vhumos (n</sub>	0,02819106
S (kg/kg)	0,041	Densidad	1,37756237			V <sub>humos reales (n</sub>	51,2502855
PCI (kcal/kg)	8869,8					Densidad hu	1,31090354
PCI (MJ/kg)	37,09						

FIG. 16: Hoja Excel que determina los parámetros (Elaboración propia)

## 7.2 VALORES DEL QUEMADOR DE EMULSIÓN DE AIRE

Los valore medidos con el analizador de humos testo 353 se presentan a continuación en las tablas 12,13,14,15 y 16.

Tabla 12: Concentración CO en humos

CO	Ensayos	min	med	max
1	1	624	721	746
3	1	923	764	820
	2		627	925
	3		644	807
	4		669	
6	1	205	359	459
	2	204	351	408
	3	189	280	389

Tabla 13: Concentración de NOx en humos

NOx	Ensayos	min	med	max
1	1	25	19	16
3	1	39	34	38
	2		41	41
	3		41	39
	4		41	
6	1	56	50	46
	2	55	48	46
	3	55	47	45



**Tabla 14: Concentración de CxHy en humos**

CxHy	Ensayos	min	med	max
1	1	300	270	240
3	1	390	220	390
	2		180	600
	3		320	490
	4		290	
6	1	250	330	330
	2	270	350	290
	3	250	300	290

**Tabla 15: Temperatura ambiente**

Tamb	Ensayos	min	med	max
1	1	24	24,6	24
3	1	24,3	31,6	25,3
	2		31	25,1
	3		28,2	26,2
	4		28,2	
6	1	25	25,5	26,3
	2	25,4	25,7	25,9
	3	24	24,8	24,9

**Tabla 16: Temperatura de los humos**

Thum	Ensayos	min	med	max
1	1	316,8	301,6	288,1
3	1	341,2	431,1	457,6
	2		440,8	488,3
	3		468,4	458,6
	4		471,1	
6	1	534,4	551,6	531,9
	2	555,2	536,1	536,5
	3	562,8	544	534,2

Valores calculados con la hoja Excel desarrollada para la concentración del aceite vegetal usado y los datos de concentración en humos se presentan en las tablas 17,18 y 19.



Tabla 17: Concentración de O<sub>2</sub> en humos

O <sub>2</sub>	Ensayos	min	med	max
1	1	16,88	17,45	17,81
3	1	<del>13,97</del>	15,06	15,06
	2		14,64	14,68
	3		14,53	15,08
	4		14,4	
6	1	11,45	12,81	13,32
	2	11,42	12,91	13,27
	3	11,35	12,73	13,14

Tabla 18: Concentración de CO<sub>2</sub> en humos

CO <sub>2</sub>	Ensayos	min	med	max
1	1	2,34	2,01	1,81
3	1	<del>5,33</del>	3,37	3,36
	2		3,61	3,58
	3		3,67	3,35
	4		3,74	
6	1	5,41	4,64	4,35
	2	5,43	4,58	4,38
	3	5,47	4,69	4,45

Tabla 19: Exceso de aire de los humos

$\lambda$	Ensayos	min	med	max
1	1	5,09	5,92	6,59
3	1	<del>2,88</del>	3,54	3,54
	2		3,3	3,32
	3		3,24	3,55
	4		3,18	
6	1	2,2	2,56	2,74
	2	2,19	2,6	2,72
	3	2,18	2,54	2,67

Tabla 20: Eficiencia energética de la combustión

ren	Ensayos	min	med	max
1	1	47,8	42,6	39,1
3	1	<del>68,89</del>	49,6	45,4
	2		51,7	44,7
	3		49	45,2
	4		49,5	
6	1	59,1	51,4	50,3
	2	57,6	52,3	50,2
	3	57,2	52,5	51,1



El valor medio para cada factor se recoge en la tabla 21.

**Tabla 21: Resultados medios de los ensayos con el quemador de emulsión**

Pos.comb.-aire Result.	1-min	1-med	1-max	3-min (*)	3-med	3-max	6-min	6-med	6-max
	$\mu$	$\mu$	$\mu$	$\mu$	$\mu$	$\mu$	$\mu$	$\mu$	$\mu$
CO (ppm)	624	721	746	923	657	820	204	351	408
NO <sub>x</sub> (ppm)	25	19	16	39	41	39	55	48	46
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> (ppm)	300	270	240	390	255	490	250	330	290
Tamb (°C)	24	24,6	24	24,3	24,6	25,3	25	25,5	25,9
Thum (°C)	316,8	301,6	288,1	341,2	454,6	458,6	555,2	544	534,2
O <sub>2</sub> (%Vol.)	16,88	17,45	17,81	13,97	14,59	15,06	11,42	12,88	13,27
CO <sub>2</sub> (%Vol.)	3,21	2,69	2,42	5,33	4,86	4,50	7,26	6,15	5,86
$\lambda$	4,866	5,639	6,2685	2,88	3,148	3,393	2,125	2,497	2,620
$\eta$ (%)	51,36	46,69	43,50	68,89	53,78	49,81	61,52	55,78	54,52

(\*) Con la posición del combustible al 3 y el aire mínimo aparece un aviso en el analizador en el cual nos avisa de que se han superado los límites de emisión de hidrocarburos.

### 7.3 VALORES DEL QUEMADOR ASISTIDO POR AIRE

Los valores medidos con el analizador de humos testo 353 se presentan a continuación en las tablas 22, 23, 24, 25 y 26.

**Tabla 2: Concentración de CO en humos**

CO	Ensayos	1	2
0,6	1	210	219
	2	233	229
	3	241	224
0,8	1	239	209
	2	241	226
	3	250	249
	4		210



**Tabla 23: Concentración de NOx en humos**

NOx	Ensayos	1	2
0,6	1	29	28
	2	29	29
	3	26	28
0,8	1	33	30
	2	32	31
	3	32	32
	4		30

**Tabla 24: Concentración de CxHy en humos**

CxHy	Ensayos	1	2
0,6	1	310	260
	2	310	290
	3	300	220
0,8	1	90	70
	2	90	70
	3	90	90
	4		120

**Tabla 25: Temperatura ambiente**

Tamb	Ensayos	1	2
0,6	1	20,8	22,5
	2	21,1	22,2
	3	21,4	22,4
0,8	1	23,4	26,9
	2	22,3	26,9
	3	20,9	27,2
	4		25,2

**Tabla 26: Temperatura de humos**

Thum	Ensayos	1	2
0,6	1	309,4	315
	2	307	312,7
	3	296	309,1
0,8	1	325,7	323,5
	2	326,3	331,3
	3	329,5	331,9
	4		324,4

Valores calculados con la hoja Excel desarrollada para la concentración del aceite vegetal usado y los datos de concentración en humos se presentan en las tablas 27, 28 y 29.





**Tabla 7: Concentración de O<sub>2</sub> en humos**

O <sub>2</sub>	Ensayos	1	2
0,6	1	17,23	17,3
	2	17,28	17,3
	3	17,32	17,19
0,8	1	16,69	17,09
	2	16,81	17,02
	3	16,8	16,97
	4		16,95

**Tabla 8: Concentración de CO<sub>2</sub> en humos**

CO <sub>2</sub>	Ensayos	1	2
0,6	1	2,13	2,09
	2	2,11	2,1
	3	2,09	2,16
0,8	1	2,44	2,21
	2	2,37	2,26
	3	2,38	2,28
	4		2,3

**Tabla 9: Exceso de aire en los humos**

λ	Ensayos	1	2
0,6	1	5,58	5,68
	2	5,64	5,68
	3	5,7	5,51
0,8	1	4,87	5,38
	2	5,01	5,27
	3	5	5,22
	4		5,18

**Tabla30: Eficacia energética de la combustión**

Ren	Ensayos	1	2
0,6	1	45,2	43,5
	2	45	43,9
	3	46,6	46,2
0,8	1	49,4	45,6
	2	47,8	45,2
	3	47,1	45,6
	4		47,1

El valor medio de cada factor se recoge en la tabla 31.



Tabla 31: Resultados de los ensayos con el quemador de pulverización asistida por aire

Presión-aire Result.	0,6-1	0,6-2	0,8-1	0,8-2	1-1	1-2
	$\mu$	$\mu$	$\mu$	$\mu$	$\mu$	$\mu$
CO (ppm)	233	224	241	226	-	-
NO <sub>x</sub> (ppm)	29	28	32	31	-	-
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> (ppm)	310	260	90	90	-	-
Tamb (°C)	21,1	22,4	22,3	26,9	-	-
Thum (°C)	307	307	326,3	331,3	-	-
O <sub>2</sub> (%Vol.)	17,28	17,3	16,8	16,97	-	-
CO <sub>2</sub> (%Vol.)	2,82	2,80	3,18	3,05	-	-
$\lambda$	5,38	5,41	4,77	4,97	-	-
$\eta$ (%)	47,46	47,42	50,45	48,32	-	-

Se observa que cuando la presión es 1 no se recogieron datos. Esto es debido a que con esta presión el quemador se para.

## 8 ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 8.1 INTRODUCCIÓN

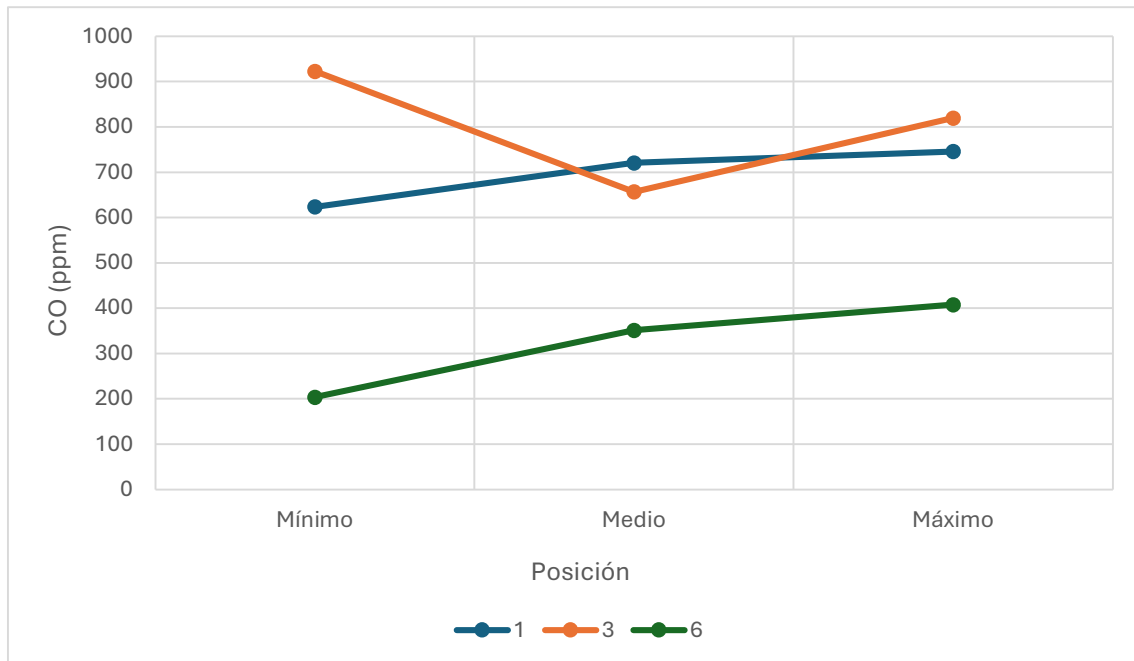
En este capítulo se van a analizar los principales resultados expuestos en el anterior capítulo con el fin de comparar los quemadores utilizados para la experimentación.

En primer lugar, se busca las condiciones de funcionamiento óptimas de cada quemador, para ello, se buscan los factores de funcionamiento de cada quemador para que las emisiones sean las menores posibles y la eficiencia de combustión lo más alto posible.

Por último, se hará una comparación entre ambos quemadores, para establecer que quemador es el más adecuado para la combustión de aceites vegetales usados en alimentación, en base a tres resultados: i) emisiones, ii) eficiencia energética, iii) disponibilidad y prestaciones.

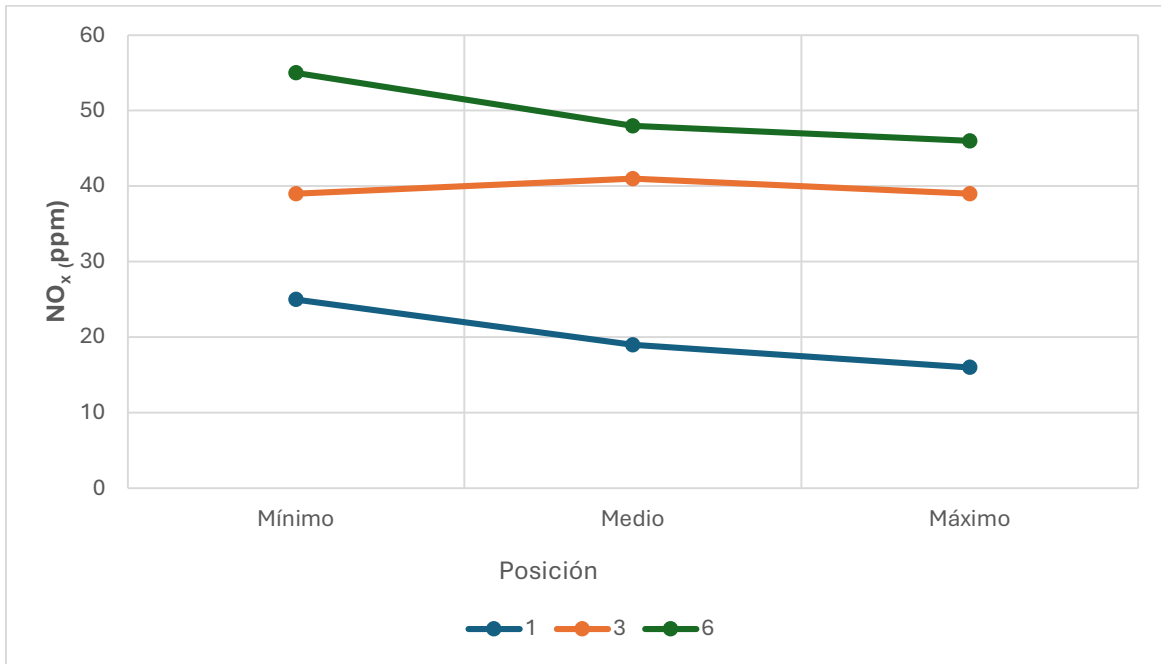
### 8.2 QUEMADOR DE EMULSIÓN DE AIRE

Se va a representar gráficamente las emisiones de CO, de  $NO_x$ , de  $C_xH_y$ , y la eficiencia del quemador de emulsión de aire.



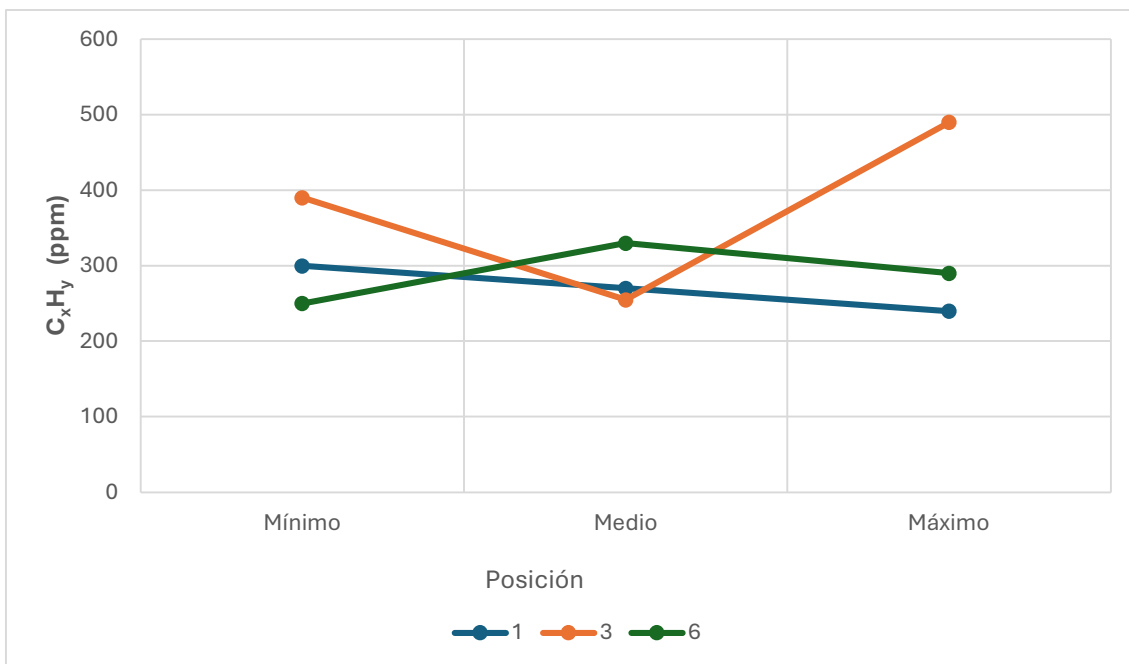
Gráfica 1: Emisiones de CO del quemador de emulsión de aire.

Puede observarse como los valores del CO son superiores cuando la posición del combustible está al 3 y menores cuando está al 6. La posición más favorable es cuando el combustible está al 6 y el aire al mínimo.



Gráfica 2: Emisiones de NO<sub>x</sub> del quemador de emulsión de aire

En el caso de los óxidos nitrosos se observa que según aumenta la posición del combustible más alta será la concentración de estos. La mayor emisión de NO<sub>x</sub> se da cuando la posición del combustible está en el 6 y el aire está al mínimo y la menor cuando el combustible está en la posición 1 y el aire al máximo.

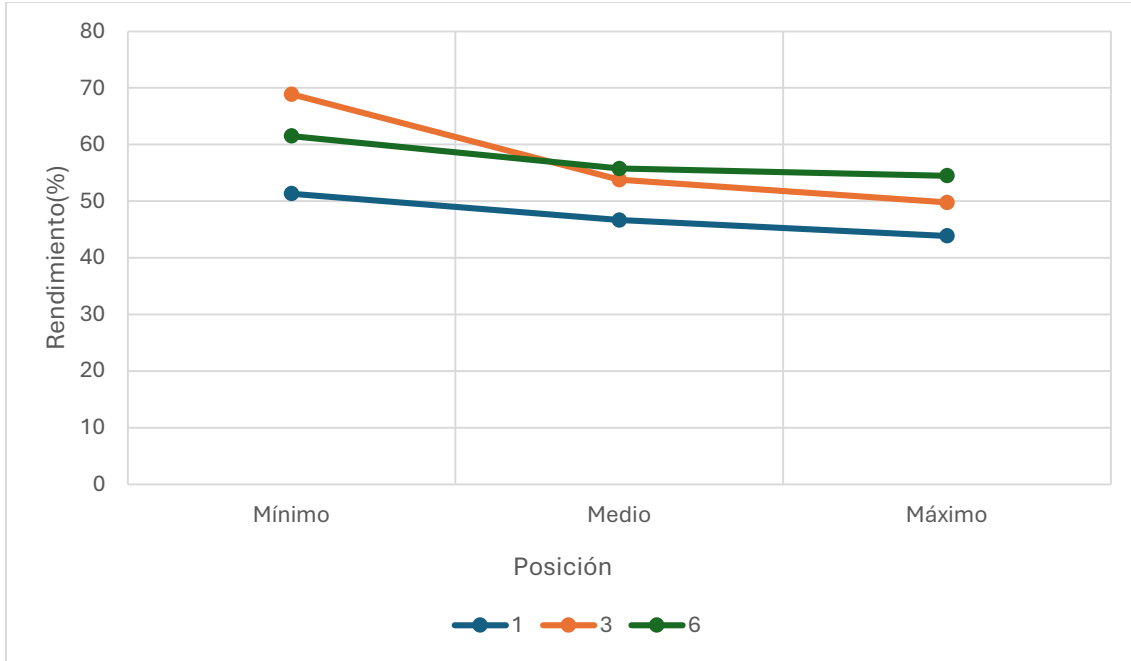


Gráfica 3: Emisiones de C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> del quemador de emulsión de aire

Las emisiones de hidrocarburos son más altas en la posición del combustible 3 y aire al máximo. Con la posición del combustible al 3 se observa también valores más inestables. La



concentración más baja se tiene en la posición del combustible al 1 y la del aire al máximo muy próximo está también la posición del combustible al 6 y el aire al mínimo.



Gráfica 4: Rendimiento del quemador de emulsión de aire

En el caso del rendimiento se observa que la eficacia es mejor cuando el aire esta al mínimo. El mejor caso es con el combustible en la posición 3 y el aire al mínimo.

En la tabla 30 se observa el intervalo de error en cada ensayo.

Tabla 21: Intervalos de error para el quemador de emulsión de aire

	CO	NOx	CxHy	eficiencia
Caudal de aceite	6	6	1	3
Caudal de aire	min	min	max	min
Intervalo (mas-min)	616	39	250	18,02

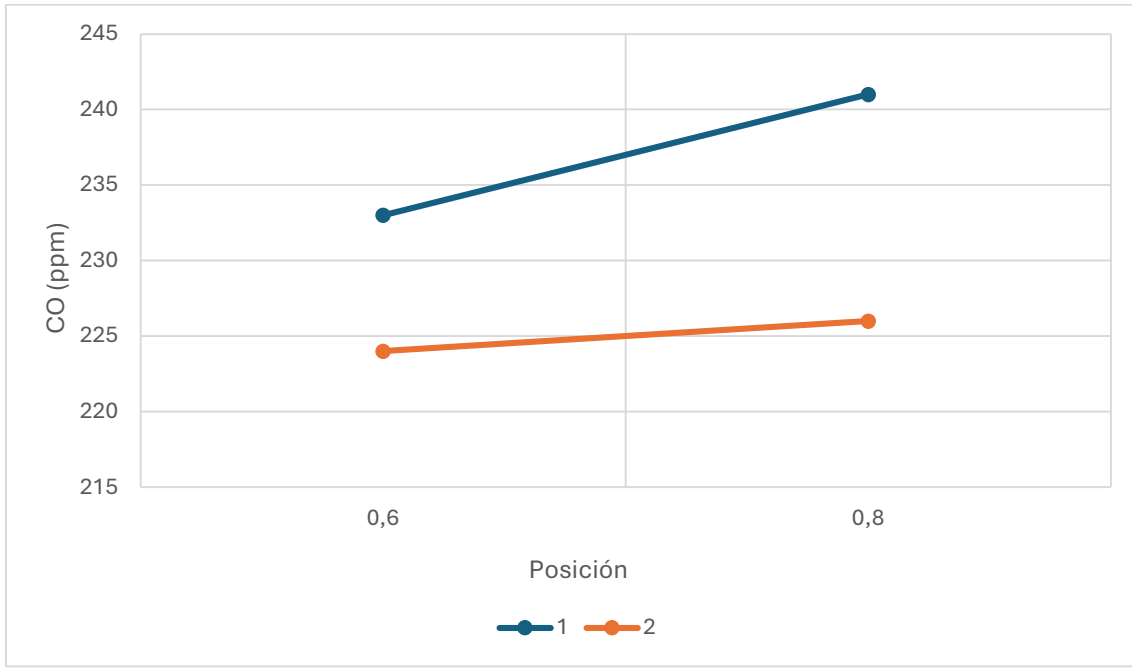
Como conclusión, analizando todas las gráficas, el quemador de emulsión de aire tiene los mejores resultados en general, cuando el combustible está en la posición 6 y el aire esta al mínimo, que supone unas emisiones de 204 (ppm) de CO, 55 (ppm) de NOx, 250 (ppm) de CxHy y una eficiencia de combustión de 61,52 %. Esto se recoge en la tabla 31.

Tabla 22: Mejores resultados del quemador de emulsión de aire

		CO	NOx	CxHy	eficiencia
Caudal de aceite	6	204	55	250	61,52
Caudal de aire	min				

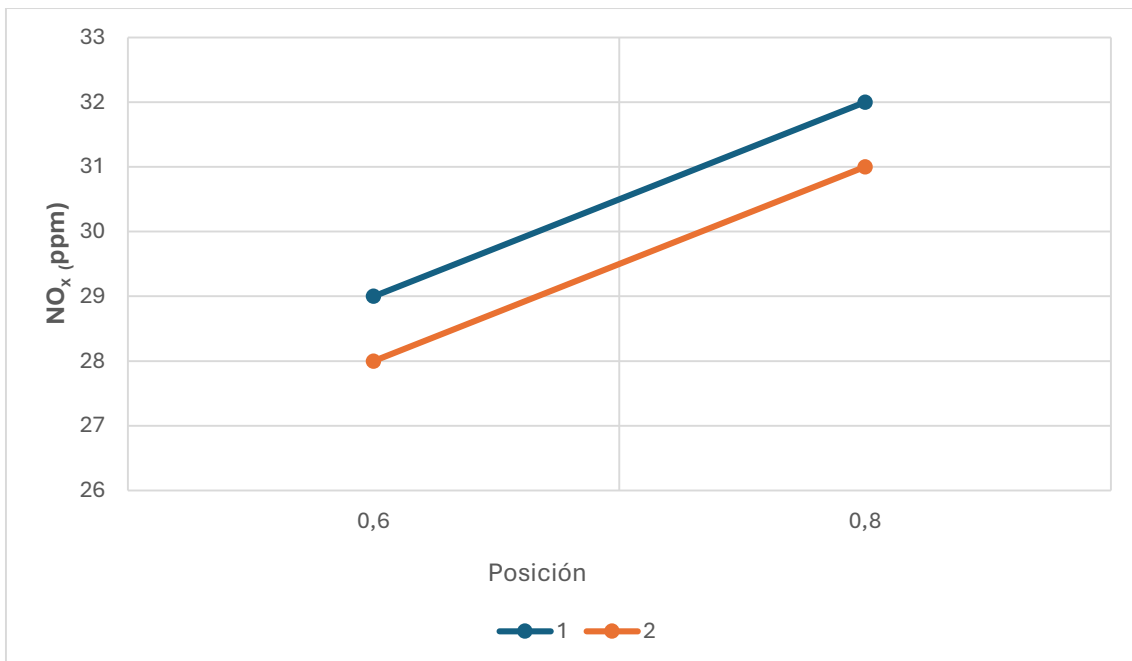
### 8.3 QUEMADOR ASISTIDO POR AIRE

Se va a representar gráficamente las emisiones de CO, de  $NO_x$ , de  $C_xH_y$  y la eficiencia del quemador asistido por aire.



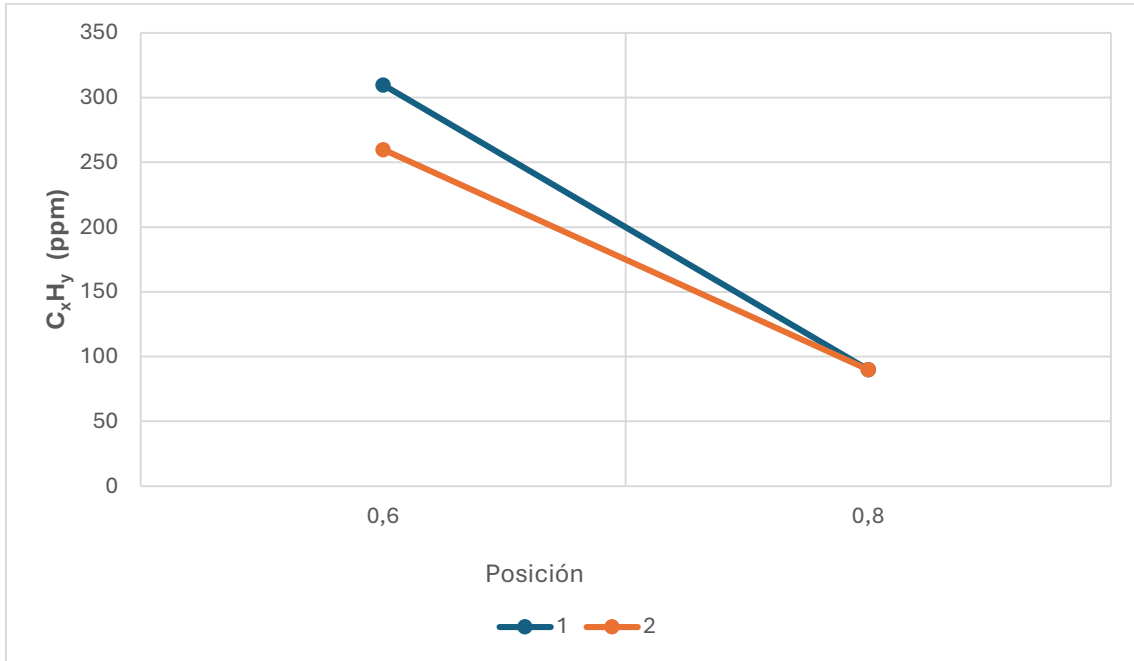
Gráfica 5: Emisiones del CO del quemador asistido por aire

Se observa en la Gráfica 5 que la emisión de CO es más baja cuando la posición del aire está al 2. Además, se observa que según aumenta la presión aumentan también las emisiones.



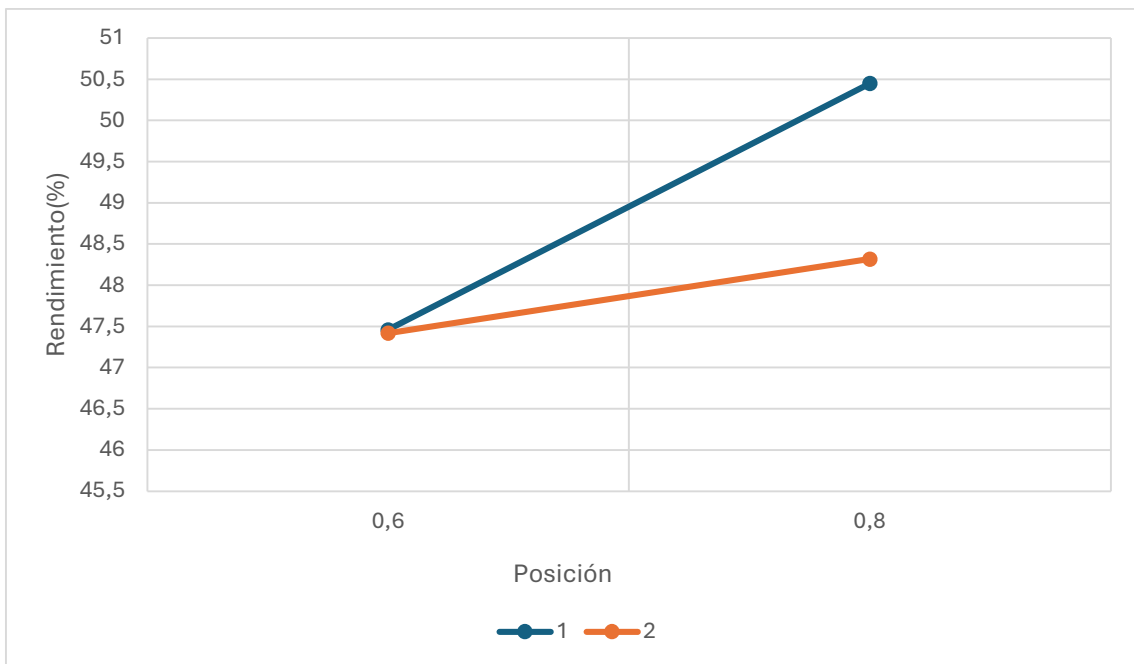
Gráfica 6: Emisiones de NOx del quemador asistido por aire

En cuanto a las emisiones de NOx según aumenta la presión aumenta también la concentración de óxidos nitrosos. Observamos que las emisiones son mayores con la posición del aire al 1.



Gráfica 7: Emisiones de CxHy del quemador asistido por aire

Las emisiones de hidrocarburos son similares en ambos casos. Con la presión al 0,8 se tiene una concentración igual, mientras que con la presión al 0,6 la concentración es mayor cuando el aire está en la posición 1.



Gráfica 8: Rendimiento del quemador asistido por aire



El rendimiento es mayor para una posición del aire al 1 aunque se observa que cuando la presión es 0,6 el rendimiento es el mismo en ambos casos.

En la tabla 32 se observa el intervalo de error en cada ensayo.

**Tabla 32: Intervalos de error para el quemador de pulverización asistida por aire**

	CO	NOx	CxHy	eficiencia
Presión	0,6	0,6	0,8	0,8
Caudal de aire	2	2	1 y 2	1
Intervalo (mas-min)	8	3	220	3,03

Como conclusión, el quemador asistido por aire tiene mayores emisiones cuando el aire esta al mínimo, pero también tiene mayor rendimiento, por lo que los mejores resultados se obtienen para la presión máxima 0,8 y el aire mínimo 1, resulta unas emisiones de 241 (ppm) de CO, 32 (ppm) de NOx, 90 (ppm) de CxHy y una eficiencia de combustión de 50,45 %. Esto se recoge en la tabla 33.

**Tabla 33: Mejores resultados del quemador de pulverización asistida por aire**

		CO	NOx	CxHy	eficiencia
Presión	0,8	241	32	90	50,45
Caudal de aire	1				

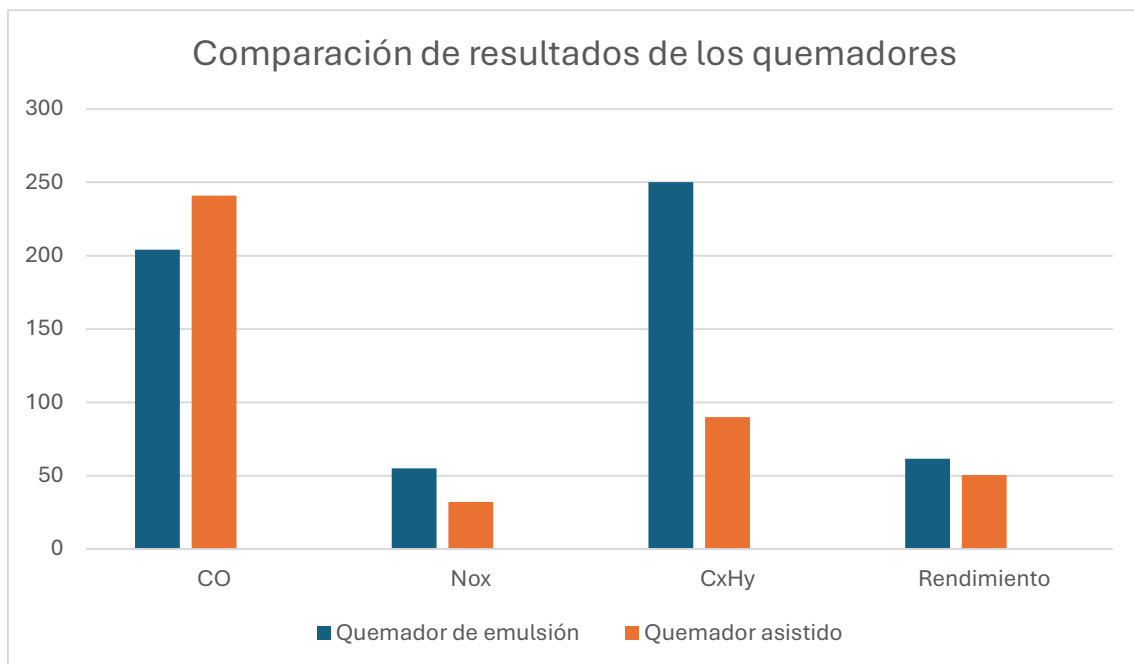




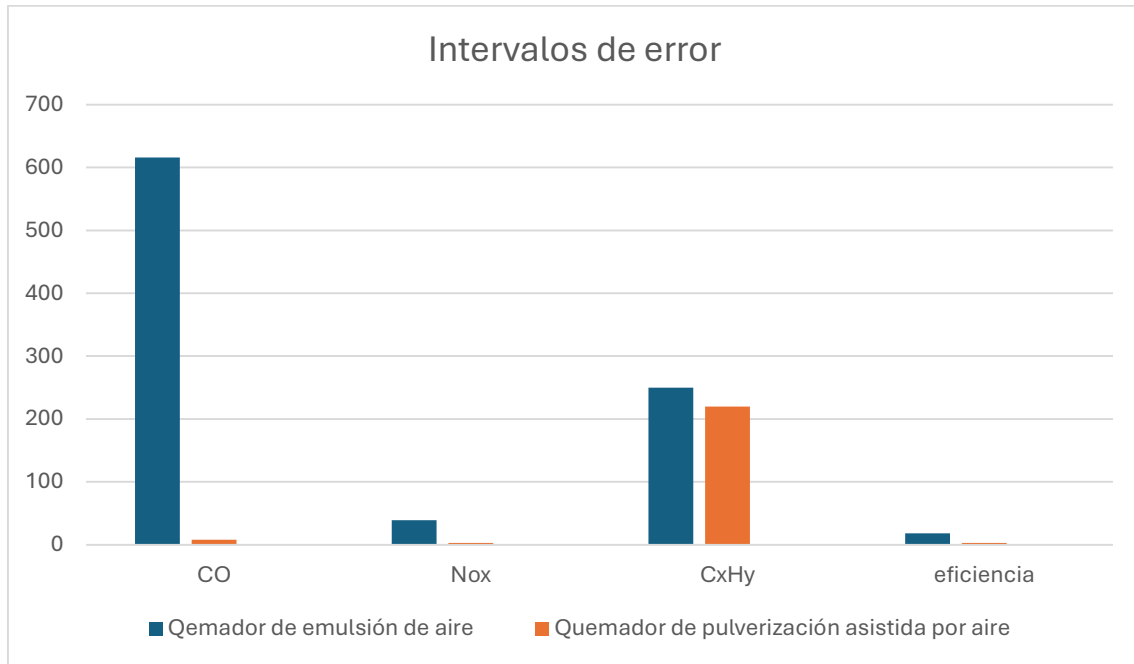
## 8.4 COMPARACIÓN DE LOS DOS QUEMADORES

Después de analizar las emisiones y la eficacia de ambos quemadores se procese a hacer una comparación entre los mejores resultados de ambos.

En el caso del quemador de emulsión de aire se concluyó que los mejores resultados se daban cuando la posición del combustible estaba al 6 y el aire al mínimo y en el caso del quemador asistido por aire las mejores condiciones se dan cuando la presión es de 0,8 y el aire está al 1. Observamos estos resultados en la gráfica 9.



Gráfica 9: Comparación de los resultados quemadores



**Gráfica 10: Intervalos de error de los quemadores**

Mediante la gráfica 9 se observa que el quemador asistido por aire emite más emisiones de CO.

Sin embargo, en el caso de las emisiones de los óxidos nitrosos y los hidrocarburos es el quemador de emulsión el que emite más.

Por otro lado, la eficiencia es mayor también en el quemador de emulsión de aire.

Con esto obtenemos que el quemador asistido por aire tiene mejores resultados en cuanto a emisiones, pero el quemador de emulsión es el que tiene mejor eficiencia.

Por otro lado, mediante la gráfica 10 se observa que el quemador de pulverización asistida por aire tiene menos variaciones en los datos obtenidos.

Además, el quemador asistido por aire tiene menor margen de regulación y de forma general se ve muy condicionado con las perturbaciones exteriores, lo que provoca múltiples inestabilidades en el funcionamiento del equipo. Ha sido imposible mantener una combustión estable en factores que se habían seleccionado para ensayar.

Por otro lado, el quemador asistido por aire requiere aceites muy filtrados, al ser el aceite succionado por el aire a través de unos orificios, que se obstruyen con facilidad y que obligan a paradas y limpieza del sistema de pulverización.



## 9 CONCLUSIONES

---

Se ha demostrado la viabilidad y eficiencia de la combustión de aceite vegetal usado empleando dos tipos de quemadores: uno de emulsión de aire y otro asistido por aire. A través de los ensayos experimentales realizados se han determinado los factores óptimos de funcionamiento para cada quemador, con el fin de minimizar las emisiones y maximizar la eficiencia energética.

Los resultados obtenidos indican que ambos quemadores pueden ser ajustados para conseguir una combustión eficiente y con bajas emisiones, aunque presentan diferencias en su rendimiento. Se ha establecido que para la combustión de aceites vegetales usados de uso alimentarios la mejor opción para la combustión con fines térmicos es el quemador de emulsión por aire, al conseguir la mayor eficiencia energética de la combustión, las emisiones de CO y sobre todo por su disponibilidad y capacidad de regulación que tiene frente al quemador asistido por aire.

La caracterización fisicoquímica del aceite vegetal usado ha puesto de manifiesto que se trata de un combustible con una elevada densidad energética por su elevado PCS, pero que requiere de tecnologías específicas dada su alta viscosidad, que impide utilizar quemadores por derivados petrolíferos, que tiene bajas viscosidades.

Se ha puesto en marcha los quemadores en una instalación experimental, que ha permitido estudiar 15 estados de funcionamiento de los quemadores, habiendo repetido al menos 3 medidas por estado de funcionamiento, en cada medida se han obtenido 7 medidas directas y 3 medidas indirectas, que son los datos experimentales con los que se ha realizado el análisis de los resultados.

Se ha establecido una metodología para realizar los ensayos de combustión, que ha permitido realizar todos los ensayos bajo un procedimiento repetitivo y que mantiene los parámetros más importantes controlados en todo momento.

Se ha fijado las mejores condiciones de funcionamiento del quemador de emulsión de aire y el quemador asistido por aire, para el aceite vegetal usado.

En definitiva, este estudio indica la importancia de una correcta selección y ajuste de los quemadores para la combustión de aceites vegetales usados, contribuyendo tanto a la reducción de impacto ambiental como a la mejora de la eficiencia energética en procesos industriales. Esto puede contribuir a futuras investigaciones y desarrollos tecnológicos en el ámbito sostenible de biocombustibles.



## 10 BIBLIOGRAFÍA

---

1. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [Internet]. [citado 23 de julio de 2024]. Objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/objetivos.html>
2. Temas | Parlamento Europeo [Internet]. 2018 [citado 24 de julio de 2024]. Reducción de gases de efecto invernadero en la UE: objetivos nacionales para 2030. Disponible en: <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20180208STO97442/reduccion-de-emisiones-en-la-ue-objetivos-nacionales-para-2030>
3. Moran M. Energía [Internet]. Desarrollo Sostenible. [citado 26 de julio de 2024]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
4. ODS 7 Energía asequible y no contaminante | Pacto Mundial ONU [Internet]. Pacto Mundial. [citado 26 de julio de 2024]. Disponible en: <https://www.pactomundial.org/ods/7-energia-asequible-y-no-contaminante/>
5. Saincal. El Quemador, Qué Es Y Para Qué Sirve [Internet]. 2015 [citado 23 de julio de 2024]. Disponible en: <https://www.saincal.com/el-quemador-la-chispa-que-enciende-tu-comfort/>
6. Suner D. Partes de un quemador de gasoil [Internet]. 2020 [citado 23 de julio de 2024]. Disponible en: <https://blog.suner.es/partes-de-un-quemador-de-gasoil>
7. SlideShare [Internet]. 2023 [citado 23 de julio de 2024]. quemadores.ppt. Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/quemadoresppt/258582445>
8. Fco. Javier Rey Martínez., Julio Fco. San José Alonso, Eloy Velasco Gómez., Ana Tejero González, Manuel Andrés Chicote. Ingeniería térmica.
9. Campsa. Manual técnico sobre la utilización de combustibles líquidos en la industria.
10. Scribd [Internet]. [citado 23 de julio de 2024]. La Determinación Instrumental de Carbono, Hidrógeno y Nitrógeno en Productos Derivados Del Petróleo y Lubricantes | PDF | Oxígeno | Azufre. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/600720453/D5291-SP-9906-1>
11. UNE-EN ISO 6245:2003 Productos petrolíferos. Determinación del... [Internet]. [citado 23 de julio de 2024]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0029550>
12. Scribd [Internet]. [citado 23 de julio de 2024]. Astm D-1552 | PDF | Sulfuric Acid | Combustion. Disponible en: <https://www.scribd.com/document/394524164/ASTM-D-1552>
13. PNE-EN ISO 12185 | Normas AENOR [Internet]. [citado 23 de julio de 2024]. Disponible en: <https://tienda.aenor.com/norma-proyecto-pne-en-iso-12185-p0058118>



14. ASTM D445 - Método para Determinar La Viscosidad Cinemática en Productos Líquidos de Petróleo | Descargar gratis PDF | Calibración | Líquidos [Internet]. [citado 23 de julio de 2024]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/491602343/ASTM-D445-Metodo-para-determinar-la-viscosidad-cinematica-en-productos-liquidos-de-petroleo>
15. Norma ASTM A240 para Placas, Placas de acero inoxidable al cromo y cromo-níquel, Placas para recipientes a presión [Internet]. [citado 23 de julio de 2024]. Disponible en: <https://www.htpipe.es/Casos/conocimiento/norma-astm-a240-para-placas-laminas-y-tiras-de-acero-inoxidable.html>
16. ASTM D 93 - 02 Punto de Inflamación | Descargar gratis PDF | Combustión | Solvente [Internet]. [citado 23 de julio de 2024]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/218869881/ASTM-D-93-02-Punto-de-Inflamacion>
17. UNE-EN 23015:1996 Productos petrolíferos. Determinación del pu... [Internet]. [citado 23 de julio de 2024]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0010993>
18. Combustión - Concepto, reacción, etapas, tipos y ejemplos [Internet]. [citado 24 de julio de 2024]. Disponible en: <https://concepto.de/combustion/>
19. COMBUSTIÓN Y COMBUSTIBLES - @amrandado [Internet]. 2020 [citado 24 de julio de 2024]. Disponible en: <https://blogsaverroes.juntadeandalucia.es/amrandado/211-2/>
20. matias. Estudios y cálculos de las reacciones que tienen lugar en la combustión [Internet]. 2006 [citado 24 de julio de 2024]. Disponible en: <https://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/estudios-calculos>



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

## 11 ANEXOS

---

- 1-Manual de instrucciones quemadores ARCO
- 2-Manual de instrucciones quemadores CYCLON
- 3-Datos administrativos y resultados obtenidos por el Laboratorio Regional de Combustibles de Castilla y León (LARECOM)
- 4-Certificado de calibración por Instrumentación y Servicios de Calibración, S.L., (ISCAL)

# 1. Manual de instrucciones quemadores ARCO

## QUEMADOR BR 5

### ÍNDICE

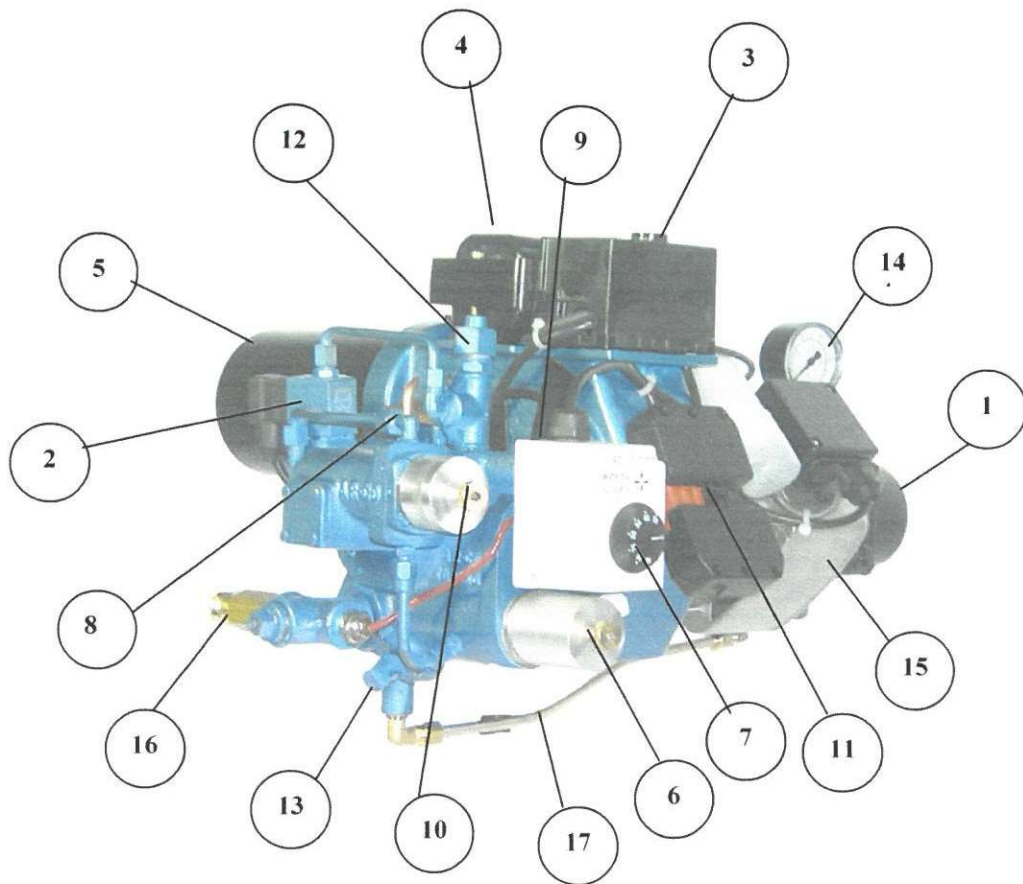
INFORMACIONES TÉCNICAS	P.	3 - 4 - 5 - 6
BOMBA DE ASPIRACIÓN - PRINCIPIO Y FASES DE FUNCIONAMIENTO	P.	6 - 7
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	P.	8
ESQUEMAS DE ALIMENTACIÓN	P.	9 - 10 - 11
DIBUJO DE LOS ELETRODOS	P.	12
EVENTUAL DAÑOS Y REMEDIOS	P.	13

ISO 9001 CERTIFIED ORGANISATION



United Registrar of Systems Cert No. 15602





- 1 BOMBA DE ASPIRACIÓN CON FILTRO
- 2 ELECTROVÁLVULA 3 VÍAS
- 3 CONTROL LLAMA
- 4 TRANSFORMADOR DE ENCENDIDO
- 5 EXTREMIDAD TUBO DE AIRE
- 6 TAPA RESISTENCIA
- 7 TERMÓSTATO
- 8 TUBO TOMA AIRE PRIMARIO (FIJO)
- 9 REGULADOR AIRE SECUNDARIO (REGULABLE)
- 10 MANDO REGULADOR DE LA BOMBA
- 11 REGLETA DE CONEXIONES
- 12 VÁLVULA Y CONEXION TUBO DE EVACUACIÓN GASES DEL COMPRESOR
- 13 GRIFO DE PURGA
- 14 MANÓMETRO DE PRESIÓN
- 15 MOTOR
- 16 VÁLVULA DE SEGURIDAD
- 17 TUBO ENVÍO BOMBA/COMPRESOR



## **CALIDAD AR-CO**

El quemador AR-CO a baja presión está construido para conseguir una perfecta combustión de Gasóleo C, fuel ligero, fuel pesado, aceite usado, aceite vegetal y cualquier otro combustible líquido de alta densidad.

El quemador utiliza el principio de emulsión; con esta perfecta mezcla de aire y de combustible en el compresor, y con una buena pulverización del inyector, se obtiene una combustión óptima, no dañosa para el ambiente y con valores de combustión controlados, que se mantienen dentro de las normativas en vigor.

Este quemador es además conocido en el mundo por su robustez y su duración pues todas las partes mecánicas de la bomba: rotor, aletas, camisa del compresor y rotor, pistón, rodillo de la bomba volumétrica de dosificación están construidas con aceros tratados térmicamente.

Todos los componentes están fijados sólidamente a un cuerpo espiral en aluminio de manera de formar una estructura monolítica muy sólida. Particularmente simple es el montaje porque todos los quemadores están equipados de bridas de fijación y juntas. También se nota la facilidad de acceso a varios componentes por operaciones de limpieza y/o mantenimiento. Todos los quemadores están equipados de aparatos de control (termóstatos, manómetros, etc.) por una regulación óptima de la combustión.

## **FASES DEL FUNCIONAMIENTO DEL QUEMADOR BR 5 (ver p. 2)**

- 1 - Prelavado: la electroválvula (n. 2) está cerrada, se efectúa un prelavado interno del quemador y una pre-ventilación de la caldera
- 2 - Encendido: la electroválvula (n. 2) se abre, el quemador manda combustible y se enciende.
- 3 - Segunda fase: después de cerca de 30 segundos, el transformador de encendido (n.4) queda todavía funcionando y se desconecta solo después de 4 segundos
- 4 - Funcionamiento: ya el quemador es en función.

Si en algún momento no se realizase el encendido después de la segunda fase, el quemador queda en funcionamiento, con el transformador de encendido conectado, por un periodo de seguridad de 10 segundos, para quedar luego bloqueado en seguridad.

El nuevo encendido se conseguirá sólo, después de haber presionado el pulsador de des-bloqueo.

En caso de reiterados fallados encendidos, esperar algunos minutos antes de reponer en función, para que el transformador no se deteriore.

## **INSTALACIÓN DEL QUEMADOR**

Todos los quemadores AR-CO son entregados completos de bridas de fijación y juntas de Ecoboard ceramic.

- quitar la placa soporte del quemador de la cámara de combustión de la caldera o del generador.
- preparar la placa soporte respetando las cotas de fijación del quemador que están en la tabla a p. 8
- quitar el tubo de aire del quemador (retirar los tres tornillos y quitar el tubo) y fijarlo sobre la plancha de la caldera, repuesta en su lugar, mediante las dos semi-bridas de fijación junto a las guarniciones Ecoboard (hacer de manera que el agujero de purgo de la extremidad del tubo esté hacia abajo)
- Insertar nuevamente el quemador en el tubo de aire reponiendo los tres tornillos.

## INSTALACIONES HIDRÁULICAS

- Montar las tuberías según el tipo de instalación, respetando las medidas indicadas en las páginas 9 –10 –11.
- Posicionar la válvula de fondo (anti-retorno), sobre la tubería de aspiración, en el depósito del combustible a 200/300 mm. de su fondo (asegurarse del perfecto cierre de la válvula anti-retorno para evitar que la tubería de aspiración se vacíe, creando notables problemas de bloqueo del quemador, hasta incluso el gripaje de la bomba, por falta de lubricación).
- Unir el tubo flexible de aspiración al filtro sobre la tubería de aspiración, asegurándose que esté lleno de combustible.
- Unir los tubos flexibles de aspiración y retorno a la bomba ( n. 1 p. 2).

## LLENAR MANUALMENTE LA TUBERÍA DE ASPIRACIÓN DEL COMBUSTIBLE

### PUESTA EN MARCHA

- Conectar el quemador eléctricamente siguiendo el esquema proveído con el quemador.  
ATENCIÓN: la resistencia de precalentamiento debe siempre ser bajo tensión también cuando el quemador no funciona. En caso contrario, es necesario llevar una línea de alimentación eléctrica a la resistencia y termostato del compresor.
- Comprobar la tensión de alimentación y el sentido de la rotación del motor.
- Comprobar la exacta ejecución de la instalación hidráulica y especialmente que la tubería sea llena de combustible ( cierre perfectamente la válvula anti-retorno).
- Hacer girar la turbina del quemador con pequeños impulsos de corriente por medio del botón del guardamotor, inyectando aceite en el tubo de toma de aire primario (n. 8 pag. 2), de manera que se lubrifiquen las paletas y el rotor antes de alcanzar el funcionamiento a 2800 vueltas.
- Posicionar el mando de regulación del caudal de la bomba (n.10) según los datos de las tablas a p.6
- Regular la temperatura de la resistencia, posicionando el termostato ( n. 7 p. 2) a la temperatura indicada en la tabla (pag. 8 – clases de aceite), en base al tipo de combustible que se va a quemar.
- Después de 15 minutos, el combustible estará caliente y se podrá colocar el interruptor en la posición “ON”.
- En cuanto el quemador se pone en marcha, abrir la válvula de respiradero situada entre el manómetro y la bomba de aspiración y dejar abierto, hasta que no sale el combustible. Repetir eventualmente 2 o 3 veces como máximo esta operación. Si no sale el combustible, controlar si hay infiltraciones de aire en la tubería de aspiración.
- **En la puesta en marcha del quemador, controlar que en el manómetro instalado sobre la bomba de aspiración, la presión del combustible sea de 0,1-0,2 bar máximo.**  
Estos valores corresponden a las taras afectadas en fábrica. Es indispensable que estas presiones no sean afectadas o variadas por:
  - 1) presiones existentes en la tubería de aspiración (alimentación en instalaciones en anillo).
  - 2) contra- presiones que puedan afectar en la tubería de retorno en el depósito (diámetros demasiados reducidos, número excesivo de curvas en la tubería o pendientes también excesivas de la misma tubería)

CONTROLE SIEMPRE QUE LA VUELTA EN EL TANQUE DIARIO ESTÉ SOBRE EL NIVEL DEL COMBUSTIBLE.

- En cuanto el quemador se enciende, controlar que la caja del compresor esté llena de combustible a través de la válvula de evacuación (n.12 p. 2) puesta en la caja misma.
- Cuando el quemador está en marcha, proceder a la regulación del aire secundario (n.9 p. 2) asta obtener una llama naranja clara sin humo. La regulación perfecta de la combustión se puede obtener utilizando la caja de los análisis.

**TRABAJOS DE MANTENIMIENTO PERIÓDICOS** (ver p. 2).

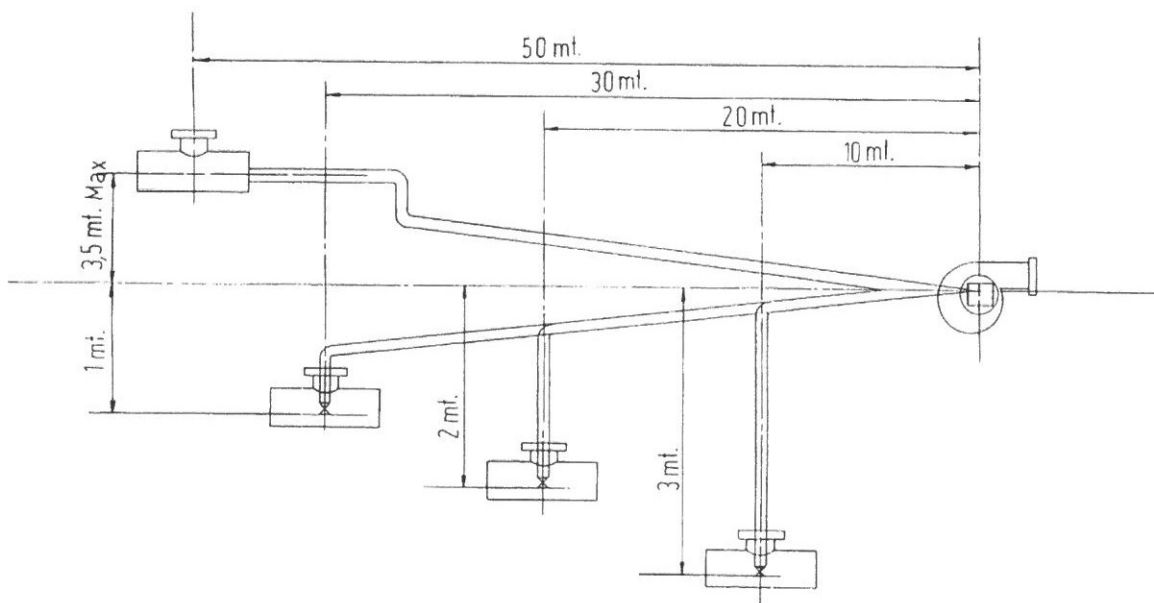
**¡CUIDADO!** Antes de empezar cualquier trabajo en el quemador, desconectar siempre el interruptor principal y el interruptor de servicio del quemador para eliminar corriente eléctrica.

- 1) Limpiar periódicamente el filtro aceite de la tubería.
- 2) Limpiar el filtro de la bomba de aspiración, quitando la tapa.
- 3) Limpiar el filtro del compresor (una vez al mes si se utilizan combustibles densos). Cerrar la llave de paso del aceite al quemador, vaciar la caja del compresor del aceite retirando el grife de purga (n. 13 ),, quitar el filtro y lavarlo con petróleo o gasóleo.
- 4) Aflojar brevemente el grife de purga ( n.13), una vez a la semana, para hacer salir el agua que pueda estar almacenada.
- 5) Limpiar la resistencia ( n.6 )
- 6) Cada mes, cuando la llama no se vea limpia, proceder a la limpieza del conjunto inyector (chicler) como sigue:
  - a – Bajar el quemador del tubo del aire
  - b – Desatornillar el soporte del tubo central,
  - c – Desatornillar el inyector,
  - d – Lavar con cuidado el capuchón y la pastilla del inyector, en petróleo o gasóleo (no usar cuerpos metálicos para la limpieza, si no se dañarán estos componentes de precisión).
  - e – Revisar el tubo central. Si estuviese sucio, lavarlo en gasóleo y soplar dentro con aire comprimido,
  - f – Limpiar los electrodos y el deflector,
  - g – Volver a montarlo todo y comprobar que el deflector y los electrodos estén a la distancia exacta del borde del inyector (ver tabla p. 12).
- 7) Antes de un largo tiempo de inactividad del quemador (por ejemplo después de la estación de la calefacción), realizar las siguientes operaciones:
  - a - Añadir una pequeña cantidad de combustible (posiblemente gasóleo) en el tubo de toma de aire (n.8 ) del compresor.
  - b - Poner en marcha brevemente el quemador (con pocas revoluciones), hasta que el aceite lubricante esté en el rotor y en las paletas del compresor.  
De esta manera se evitará que se oxide y se peguen las paletas en el rotor del compresor, a causa de la emulsión que se puede producir por el agua contenida en el combustible.

**ENCENDIDO DEL QUEMADOR DESPUÉS DE INTERVALOS DE FUNCIONAMIENTO CON INTERRUPTOR PRINCIPAL DESCONECTADO.**

Cuando se desconecta el interruptor principal durante intervalos de funcionamiento, es siempre necesario desconectar el interruptor de servicio del quemador. Al volver a conectar, se conecta primeramente el interruptor principal y solamente después de otros 15 minutos, cuando el aceite se haya calentado, se conecte también el interruptor de servicio (ON) sobre el quemador, de manera que el quemador trabaje con aceite caliente desde el principio.

### FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE ASPIRACIÓN



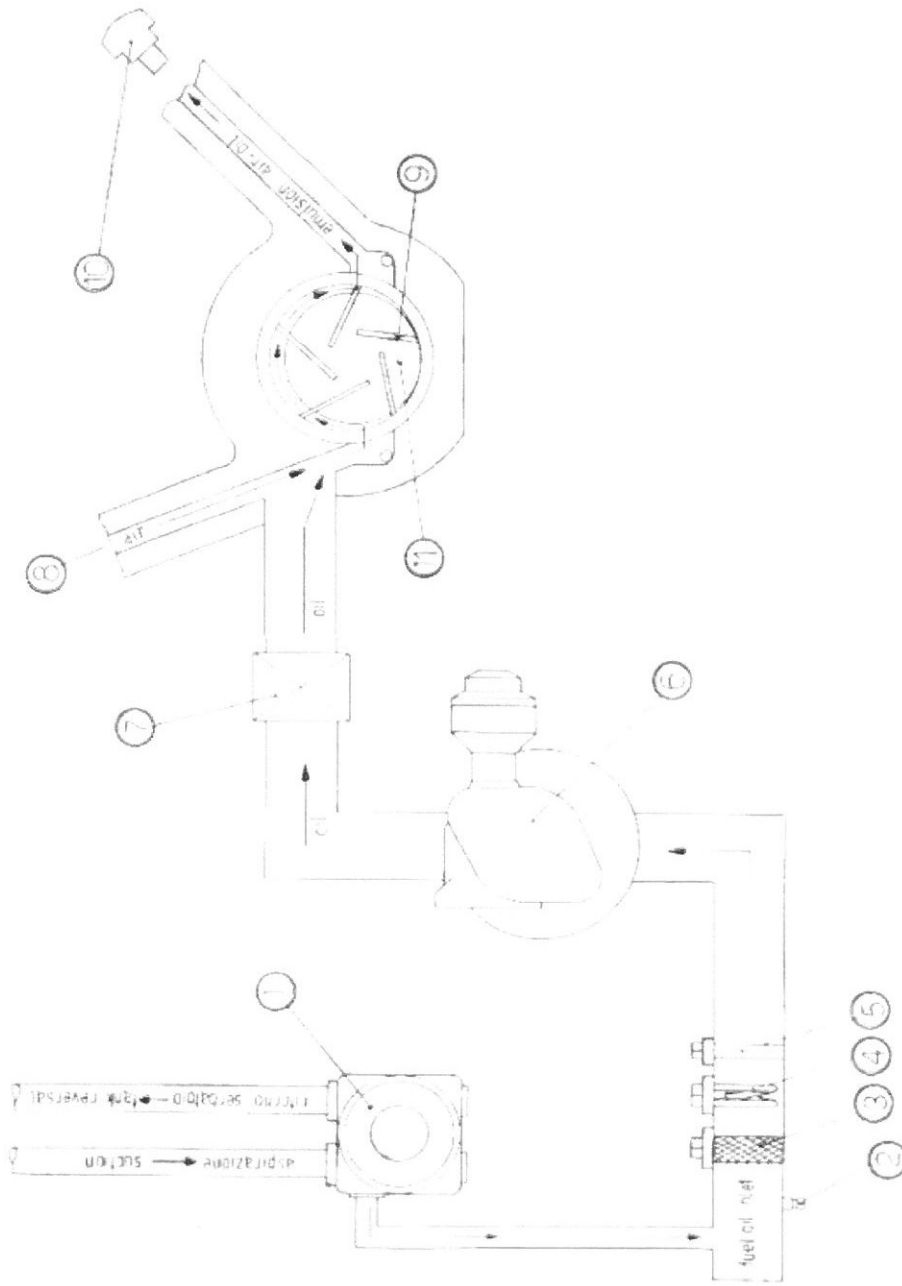
QUEMADOR TUBO ASPIRACION TUBO RETORNO FLEXIBLE ASPIRACION FLEXIBLE RETORNO

BR5                      3/4"                      1"                      1/2"                      1"

### PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO ( ver p. 7)

- El combustible, después de haber pasado a través del filtro magnético, es aspirado por la bomba (1).
- Este combustible aspirado por la bomba, es empujado a través del filtro (3), hacia la caja del compresor donde la resistencia (4), regulada por el termostato (5), calienta el combustible hasta obtener la temperatura deseada.
- El grifo de purga (2), situado en la parte baja de la caha del compresor, permite eliminar el agua u otras impurezas que podrían quedarse en el mismo compresor.
- En la salida de la caja del compresor el combustible, dosificado por la bomba volumétrica (6), es enviado, a través del electroválvula (7) que se abre en el momento de iniciarse el arranque del quemador, hasta el rotor del compresor (11).
- Durante el funcionamiento, es aspirado aire por el tubo toma de aire primario (8) en el conjunto rotor y paletas del compresor. El aire primario es así pulverizado con el combustible, dando origen a una perfecta emulsión. Esta mezcla (aire primario-combustible) es después empujada a baja presión directamente al inyector (10) donde, con el aire del ventilador (aire secundario), ha origen una perfecta combustión. La presión es de 0,2 bar.





- 1) BOMBA COMBUSTIBLE
- 2) VÁLVULA DE PURGO
- 3) FILTRO
- 4) RESISTENCIA
- 5) TERMOSTATO
- 6) BOMBA DE REGULACIÓN DE CAUDAL
- 7) ELECTROVÁLVULA
- 8) TOMA DE AIRE PRIMARIO FIJO
- 9) PALETAS ROTOR
- 10) INYECTOR O BOQUILLA
- 11) ROTOR COMPRESOR

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO QUEMADORES ASPIRANTES

## CAPACIDAD CALORÍFICA DE LOS QUEMADORES BR5

EL COMPRESOR COMPLETO DE BOMBA DE ASPIRACIÓN TIENE UNA PRESIÓN DE MANDO DE 0,2 BAR.

Las pruebas han sido efectuadas con combustible con viscosidad de 5°E a 50° C.

El combustible ha sido calentado en el interior del compresor a 75° C.

Los datos demostrados en las tablas abajo, pueden cambiar cuando se queman los aceites que tienen una diversa densidad.

Posición mando bomba volumetrica	1	2	3	4	5	6
BR 5 caudal Kg/h	1,2	2,5	3,3	4,1	4,8	5

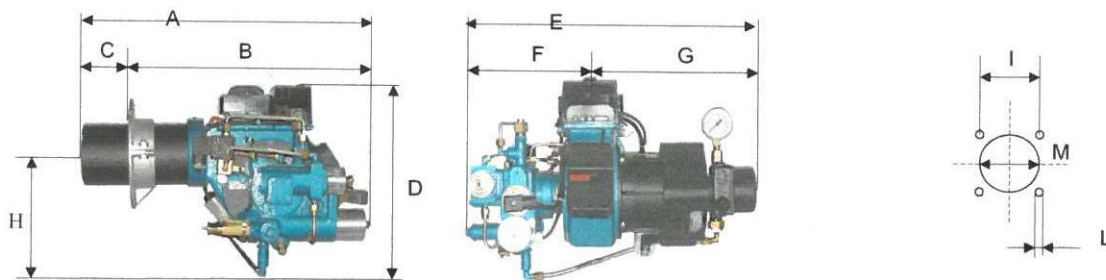
## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Modelo	Caudal	Potencia	Tensión de alimentación	Potencia motor	Revoluciones motor	Resistencia	Conesión combustible
BR 5	1,5 – 5 Kg/h	17 – 58 kW	220V 50 Hz monofasica	370	2800	120W	1/2" A -1" R

## CLASES DE ACEITES

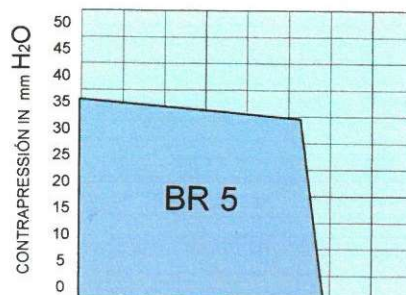
Aceite usado	Viscosidad: 7 - 15° E / 50° C	Precalentamiento: 70-80°C
Gasoleo	Viscosidad: 1,6° E / 20° C	Precalentamiento: <b>NO</b>
Fuel	Viscosidad: 3,5 – 4,5° E / 50° C	Precalentamiento: 90° C
Fuel + aceite usado	Viscosidad: 3.5 – 15° E / 50° C	Precalentamiento: 80-90° C
Aceite vegetal		Precalentamiento: 45-50° C

## DIMENSIONES

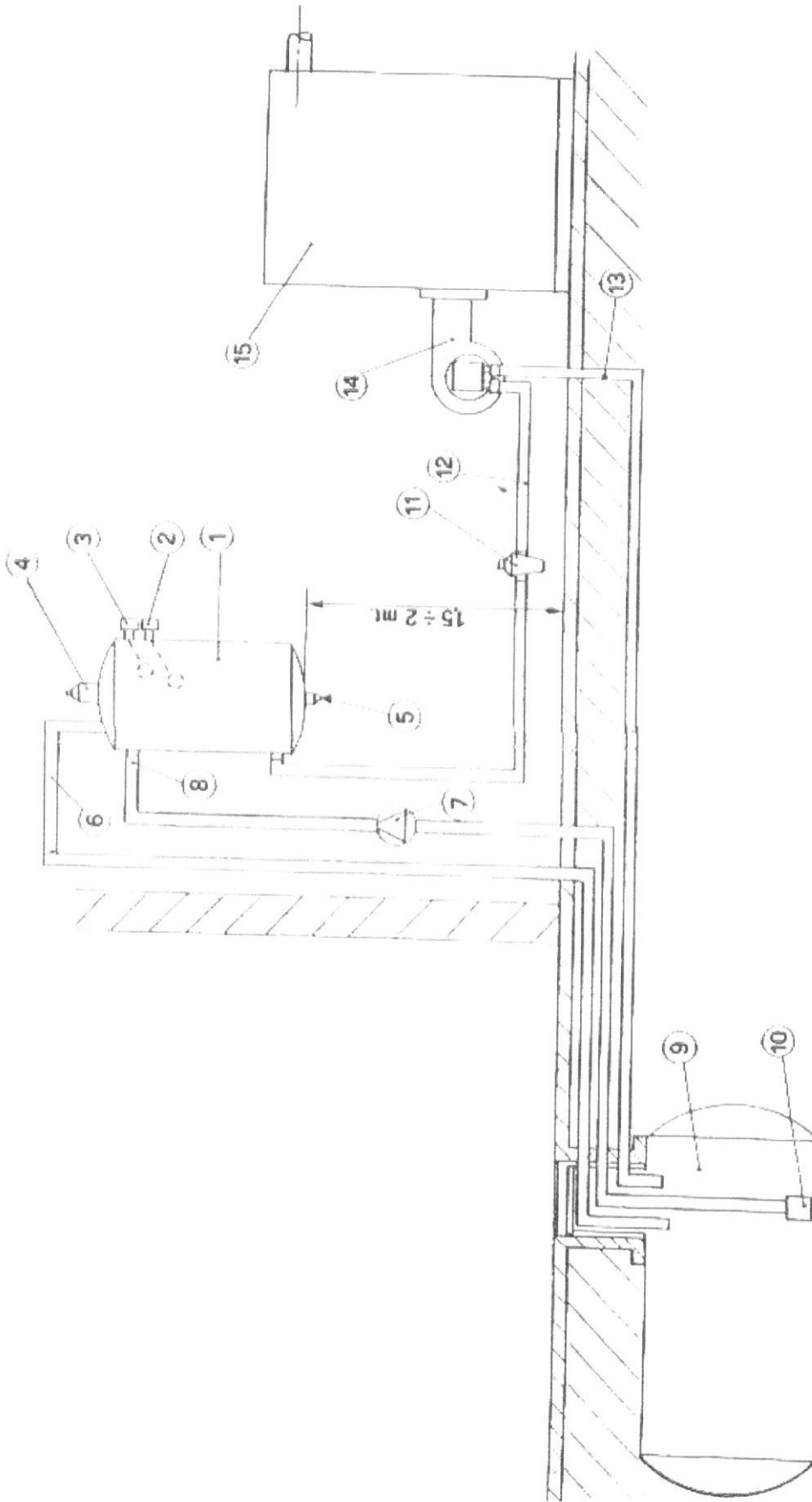


A-440	B-400/280	C-40/160	H-190	D - 300	E - 490	F- 230	G -260	I - 120	L - 8,5	M -120
-------	-----------	----------	-------	---------	---------	--------	--------	---------	---------	--------

## CAMPO DE TRABAJO

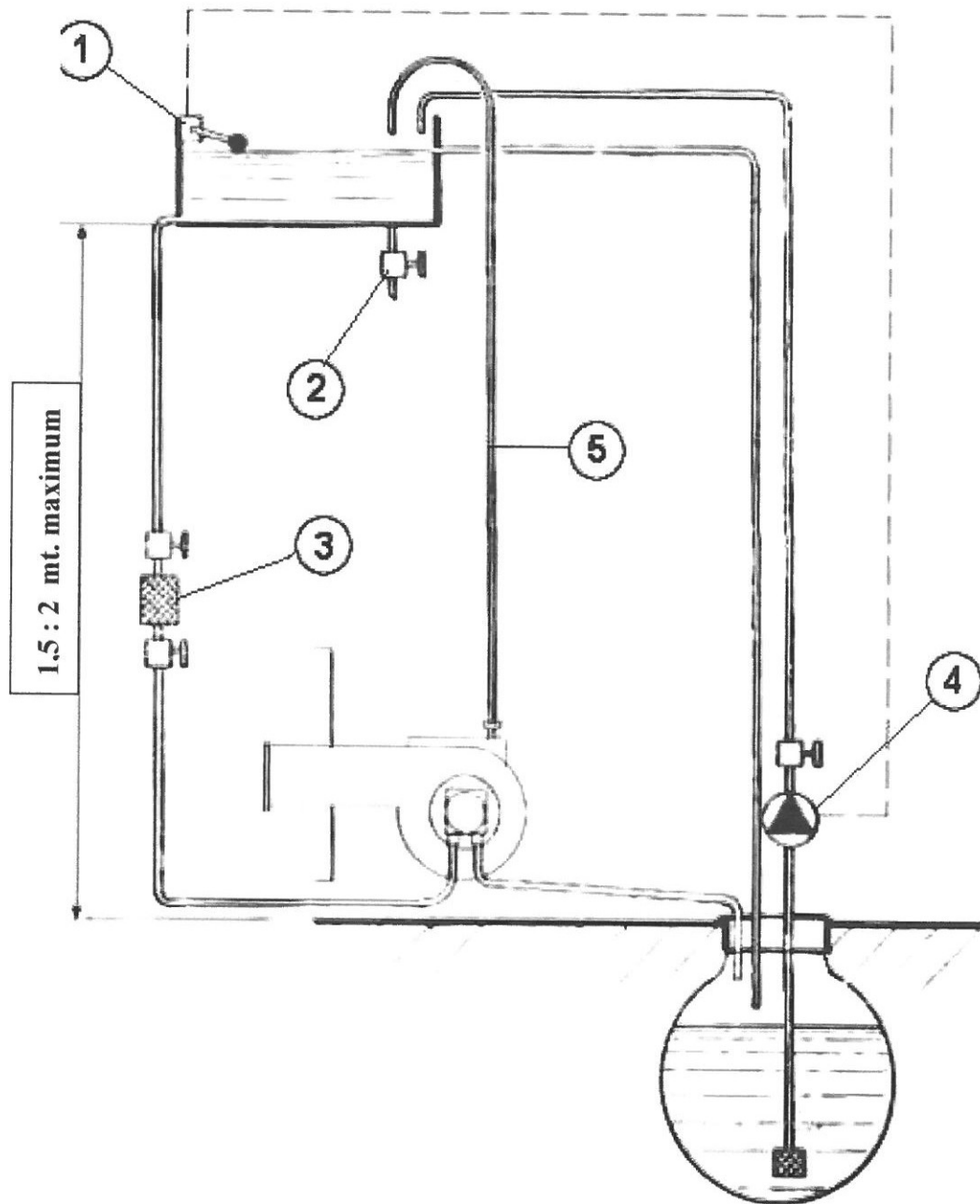


**ESQUEMA DE INSTALACIÓN PARA COMBUSTIBLES CON VISCOSIDAD SUPERIOR DE 7° E a 50° C.**



- |  |   |
|--|---|
| <p>1 - Depósito de servicio para pre-calentamiento aceite a 50± 60°C –<br/>Capacidad 100 ÷<br/>150 l.</p> <p>2 – Interruptor de nivel para funcionamiento para bomba de trasiego</p> <p>3 – Interruptor de nivel de seguridad (eventual).</p> <p>4 – Válvula de seguridad (eventual)</p> <p>5 - Válvula de espurgación del depósito</p> <p>6 – Tubo di troppo pieno (eventual)</p> | <p>8 – Tubo de aspiración de combustible. .</p> <p>9 - Depósito del combustible.</p> <p>10 - Válvula de pie.</p> <p>11 - Filtro del combustible.</p> <p>12 - Tubo alimentación quemador</p> <p>13 - Tubería retorno de quemador a depósito enterrado</p> <p>14 - Quemador.</p> <p>15 - Caldera o generador de calor</p> |
|--|---|

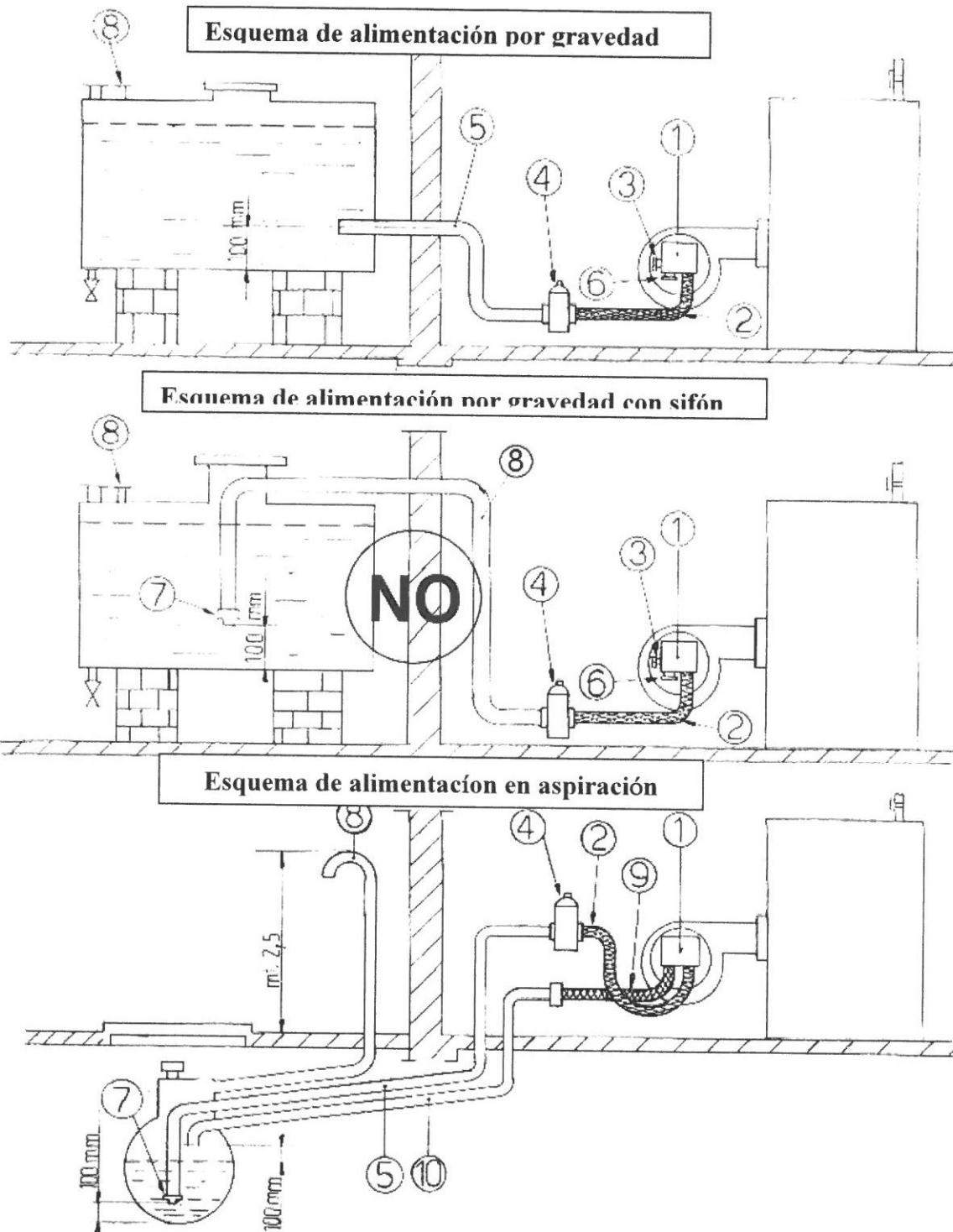
## ESQUEMA DE ALIMENTACIÓN POR GRAVEDAD CON BOMBA Y DEPOSITO DE SERVICIO



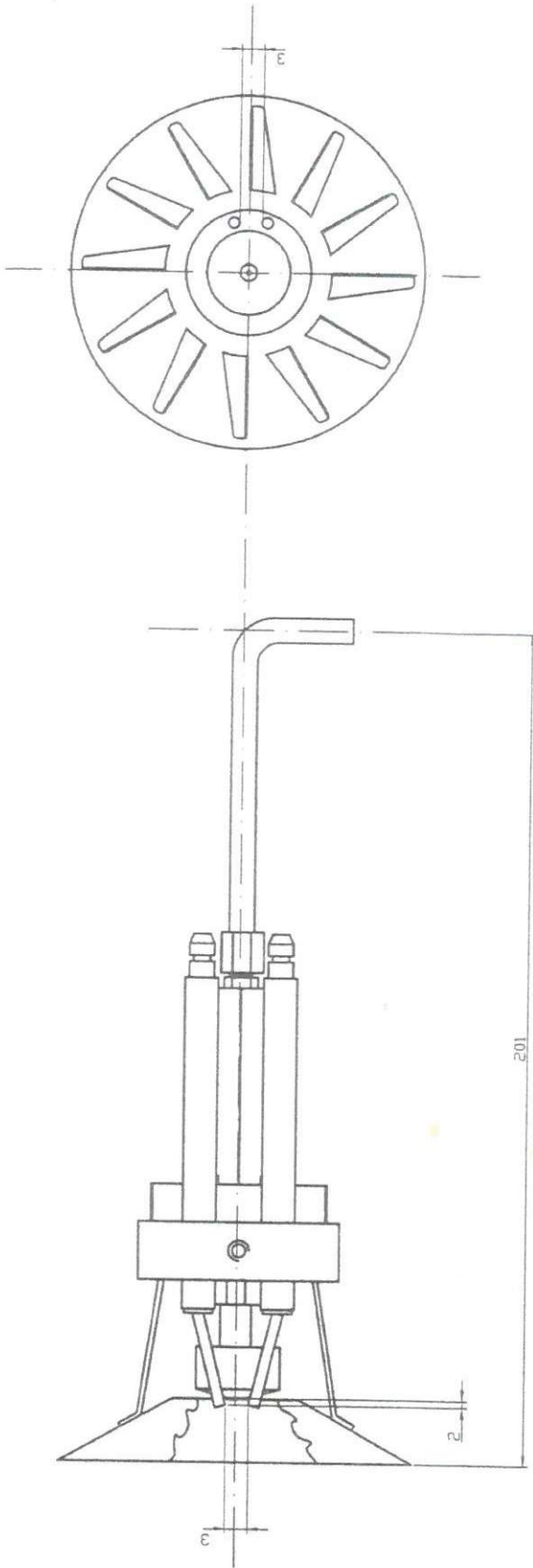
1. INTERRUPTOR A FLOTADOR
2. DESCARGA
3. FILTRO
4. BOMBA
5. TUBO DE DESGAJE Ø 12 INDISPENSABLE EN LOS QUEMADORES SEA ALIMENTADOS EN CADUTA SEA EN ASPIRACIÓN, SÓLO SI SE QUEMAN ACEITES USADOS



## ESQUEMA DE ALIMENTACIÓN POR GRAVEDAD Y EN ASPIRACIÓN



- 1) Bomba del quemador
- 2) Tubo flexible de alimentación en caduta u aspiración
- 3) Grano a eliminar en el interior (solo para instalaciones en monotubo)
- 4) Filtro
- 5) Tubo de alimentación en caduta u aspiración
- 6) Toma del retorno, para cerrar con un tapón (solo para instalaciones en monotubo)
- 7) Válvula de pie
- 8) Tubo respiradero del deposito
- 9) Tubo flexible de retorno
- 10) Tubo de retorno



**Sistema de inyección, disposición electrodos y deflector para quemadores:**

**BR 5**

## EVENTUAL DAÑOS Y REMEDIOS

1) L'aceite no quema:

- controlar la temperatura del combustible (termóstato compresor)
- o el tipo de aceite

Si se usa aceite sintético (que quema con dificultad), mezclarlo con el 70% de aceite normal usado o fuel.

2) Problema de arranque o de titileo en torno a la llama:

- resistencia del compresor defectuosa o incrustada o termóstato mal arreglado, roto o non sustentado (aceite frio).
- tiro insuficiente
- exceso de aire (a reglar)

3) Llama desatada:

- agua o aire o otro líquido no combustible en el aceite;
- deflector defectuoso o non arreglado (mirar esquema de informaciones técnicas)

4) Problema de arranque en la mañana o después una temporada de descanso:

- Controlar si la resistencia del compresor está bien sustentada o si estan respetados los 15 minutos de pre calificación del combustible;

5) La llama se desprende, se hace irregular o se apaga después un cierto tiempo de funcionamiento:

- tubo de desgaje obturado, con acodado excesivo o de diámetro insuficiente;
- bomba de regulación de caudal de dosificación defectuosa
- compresor defectuoso

6) La llama se debilita, se reduce y se hace más grande:

- el tubo de llegada de aire primaria al compresor ligeramente o completamente obturado.

7) La llama no puede ser regulada:

- falta de presión del aire nel compresor, conjunto y paletas gastadas.

8) Presión aceite al manómetro demasiado alta, débil o inestable:

- tubos de aspiración o retorno cerrados;
- filtro bomba de aspiración sucio;
- tubo presa aire sobre aspiración sucio;
- bomba de aspiración gastada;

9) En caso de malfuncionamiento del quemador, por etabrir si el problema es de alimentación, desatar los dos tubos flexibles (de alimentación y de retorno) desde el quemador y sumergirlos directamente en un bidón de combustible.

10) Salida combustible en el interior del fan y de la carcasa:

- electroválvula sucia
- anillo de capacidad compresor gastado (part. 21 disparado)

### Recordarse que:

1) Siempre es necesario llenar el compresor con combustible cuando:

- a) encendiendo el quemador por la primera vez
- b) reemplazando el compresor
- c) reemplazando una o todas de las siguientes partes del compresor (rotor, paletas, camisa, bridas y/o juntas)

2) es muy importante respetar la siguiente tolerancia cuando se reemplaza el rotor:

BR 5: desde 0,05 hasta 0,08





# AR-CO bruciatori

AR-CO Bruciatori s.r.l. - 10097 COLLEGGNO (TO) - Via Castagnevizza, 24/26  
Tel.(011) 4.111.445

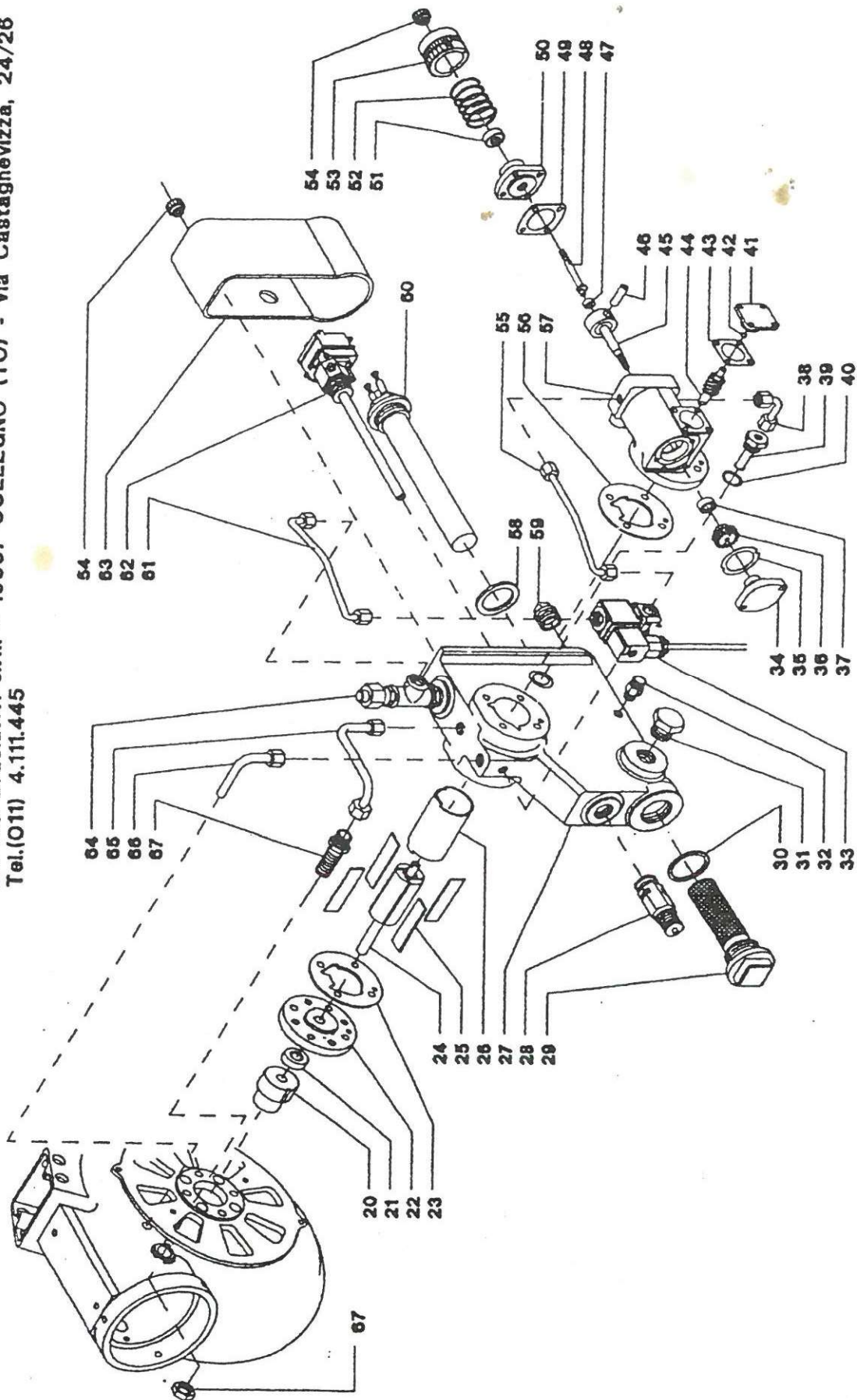


Figura 2 - Bruciatore BR10 - 15 - 20

N.B.: **Specificare sempre** a quale tipo di bruciatore si riferisce il ricambio richiesto BR10 - BR15  
**Specify always** the type of burner to which the spare part required refers (BR10 - BR15)  
**Veuillez toujours préciser** à quel type de brûleur la pièce détachée demandée se réfère  
 BR10 - BR15

LEGENDA - LEGEND - LEGENDA - FIG. 1

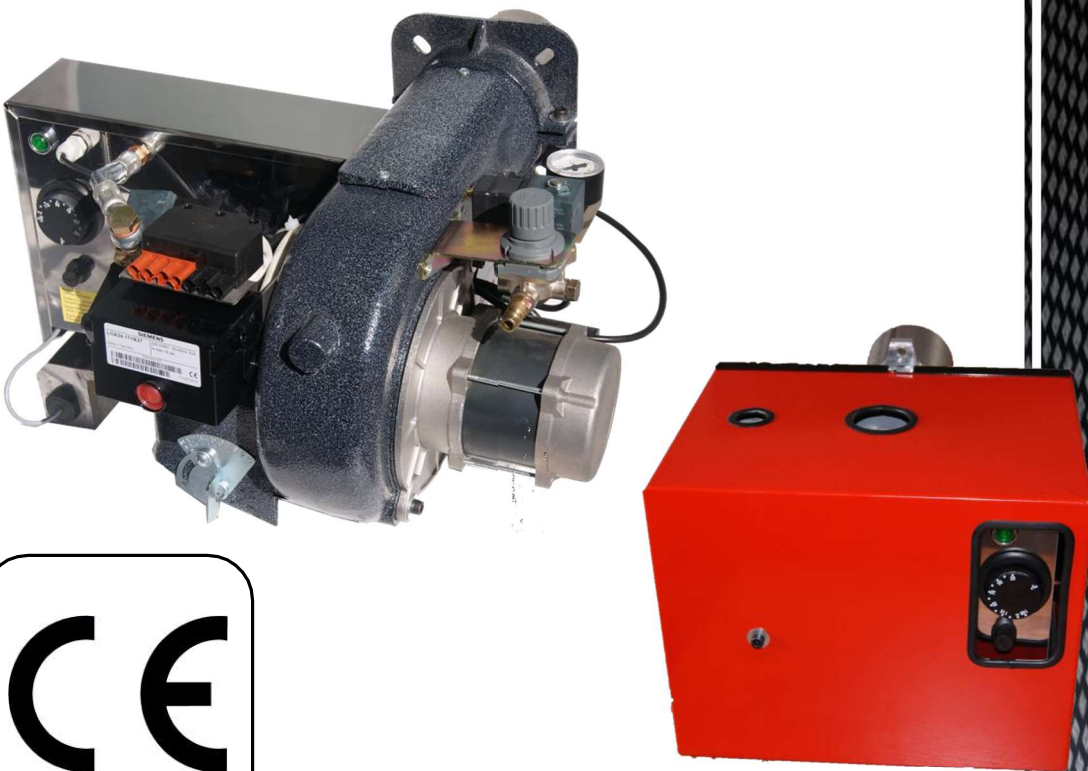
1. Motore - Motor
2. Ventilatore - Blower wheel - Turbine
3. Fotosensistenza - Photoresistance - Cellule
4. Trasformatore di accensione - Ignition transformer - Transformateur d'allumage
5. Fili alta tensione - High-tension cables - Fils haute tension
6. Apparocchiaatura di controllo - On/off switch - Interrupteur marche/arrêt
7. Spina-presa BT 18/7 - Plug-socket BT 18/7 - Fiche-engrènement BT 18/7
8. Carcasa del ventilatore - Blower scroll - Carcasse brûleur
9. Regolatore aria - Air regulator - Volet d'air
10. Tubo aria con estremità - Draft tube with the end - Gueulard avec extrémité
11. Tubo centrale dell'ugello - Nozzle pipe - Tube ligne gicleur
12. Supporto elettrodi - Electrode holder - Support des électrodes
13. Elettrodo destro - Right-hand electrode - Electrode droit
14. Elettrodo sinistro - Left-hand electrode - Electrode gauche
15. Deflettore - Air deflector - Accroche flamme
16. Ugello completo - Complete nozzle - Gicleur complet
17. Molla per giunto - Coupling spring - Ressort d'accouplement
18. Giunto lato compressore - Coupling compressor side - Accouplement côté compresseur
19. Anello tenuta flangia compressore - Packing ring for compressor flange - Joint élastique pour bride compresseur
20. Flangia del compressore lato ventilatore - Compressor flange wheel side - Flaque du compresseur côté ventilateur
21. Garnizione per flangia compressore - Gasket for compressor flange - Joint pour flaque du compresseur
22. Rotore del compressore - Compressor rotor - Rotor du compresseur
23. Paletta del rotore (4) - Rotor blade (4) - Palette du rotor (4)
24. Camicia del compressore - Compressor liner - Chemise compresseur
25. Scatola del compressore - Chest of compressor - Carter du compresseur
26. Valvola di sicurezza - Safety valve - Vanne de sûreté
27. Filtro olio - Oil strainer - Filtre huile
28. Garnizione filtro - Gasket for strainer - Joint pour filtre
29. Tappo - Plug - Bouchon
30. Rubinetto di spurgo - Drain cock - Vanne de purge
31. Elettrovalvola 3 vie - Three-way electrovalve - Electrovanne 3 voies
32. Tappo per corpo pompa - Pump plug - Couvercle de pompe
33. Garnizione per tappo - Gasket for plug - Joint pour couvercle
34. Ruota elicoidale comando pompa - Bevel gear for pump drive - Pignon d'entraînement (pompe dosage)
35. Anello tenuta corpo pompa - Pump packing ring - Joint élastique de la pompe
36. Tubetto pompa-filtro - Pump-strainer pipe - Tube compresseur/pompe dosage
37. Filtro pompa - Pump strainer - Filtre sur pompe volumétrique
38. Garnizione - Gasket - Joint
39. Supporto a flangia per albero pompa - Support for pump shaft - Support à bride de la vis sans fin
40. Sfera flangia - Flange ball - Bille pour bride
41. Garnizione - Gasket - Joint
42. Albero dentato comando pompa - Worm gear driving pump - Vis sans fin d'engrenage actionnant pompe
43. Rotore della pompa - Pump rotor - Rotor de pompe
44. Pistoncino della pompa - Pump piston - Piston de la pompe
45. Bullino per eccentrico - Ring for eccentric - Rondeille excentrique
46. Astina con eccentrico per regolazione pompa - Rod with eccentric regulating pump - Pivots avec excentrique réglage du débit
47. Garnizione - Gasket - Joint
48. Coperchio per corpo pompa - Plug for housing pump - Plaque de pompe
49. Anello di tenuta - Packing ring - Joint élastique
50. Molla per volantino regolazione pompa - Spring for wheel regulating pump - Ressort du bouton pour réglage du débit
51. Volantino regolazione pompa - Hand-wheel regulating pump - Bouton de réglage du débit
52. Pomello - Knob - Poignée
53. Tubetto pompa-elettrovalvola - Pump-electrovalve pipe - Tube pompe-électrovanne
54. Garnizione pompa - Pump gasket - Joint pour pompe
55. Corpo pompa volumetrica - Housing volumetric pump - Corps de pompe dosage
56. Garnizione - Gasket - Joint
57. Tappo - Plug - Bouchon
58. Resistenza preriscaldatore - Pre-heater - Résistance préchauffage
59. Tubetto elettrovalvola-compressore - Electrovalve-compressor pipe - Tube recyclage électrovanne/compresseur
60. Termostato resistenza - Thermostat for heater - Aquastat de régulation
61. Coperchio termostato-resistenza - Plug for thermostat-heater - Bride pour aquastat
62. Tappo sfiato o degasificazione - Breather plug or degassing - Bouchon coupirail ou dégazage
63. Tubetto mandata all'ugello - Air and oil pipe - Tube départ ligne gicleur
64. Tubetto presa aria primaria - Primary air supply pipe - Tube aspiration d'air
65. Vite di attraversamento - Through screw - Borne fixation ligne gicleur



## 2. Manual de instrucciones quemadores CYCLON

*Cyclon Quemadores*

QUEMADORES DE ACEITE  
POLICOMBUSTIBLE



**CE**

Acorde con:  
EMC 89/336/EC  
LV 73/23/EC

## INDICE

1. Introducción.....	3
2. Medidas de Seguridad .....	3
3. Información general.....	4
4. Combustibles .....	4
5. Datos Tecnicos .....	5
6. Dimensiones del quemador .....	6
7. Ubicación de la caldera .....	7
8. Funcionamiento .....	7
8. Instalación .....	8
9. Conexiones de combustible .....	9
10. Funciones de encendido y seguridad .....	10
11. Ajustes .....	11
12. Esquema eléctrico .....	12
13. Resolución de problemas .....	13
14. Ajuste de electrodos .....	14
15. Bomba de aceite .....	15-16
16. Mantenimiento.....	17-20
17. Despieze.....	21
18. Repuestos .....	22
19. Componentes principales .....	23
20. Certificado de conformidad.....	24
21. Garantía .....	25



**Lea las instrucciones de funcionamiento detenidamente antes de instalar y poner en funcionamiento el quemador.**

- Deberán efectuarse y observarse cuidadosamente todos los detalles que se indican, referentes a la instalación y puesta en servicio, con el fin de garantizar una operación económica y libre de mal funcionamiento.

**Cyclón** se reserva el derecho de realizar los cambios técnicos que sean necesarios para la mejora del producto.



## Introducción

### INTRODUCCIÓN

Estos quemadores son para uso comercial o industrial.

Los quemadores deben ser instalados por un instalador con experiencia, especializado en la instalación de aparatos de gasoil.

Si prestas atención a los siguientes consejos, serás parte del gran círculo de usuarios satisfechos de: **Cyclon Quemadores**

### PRECAUCIONES

El aceite usado puede contener muchos materiales extraños. El aceite usado también puede contener gasolina. Por lo tanto, se deben observar las precauciones específicas en la manipulación y almacenamiento de aceites usados cuando se utiliza, limpia y mantiene este calentador. Utilice filtro en un embudo al verter el aceite en el tanque de almacenamiento para atrapar material extraño, es decir, material de junta y fibras selladoras, etc.

**PELIGRO:** Este aparato no está diseñado para su uso en atmósferas peligrosas que contengan hidrocarburos clorados o halogenados. No exponga esta unidad a la lluvia ni a la humedad.

Estos quemadores están diseñados para proporcionar la eliminación económica de aceites usados. El aceite usado es un combustible inconsistente y puede contener agua y / o materiales extraños que pueden causar que la unidad se apague. Siempre se debe proporcionar una fuente secundaria de calor al edificio.

**PELIGRO:** No intente quemar ningún tipo de: gasolina, diluyentes de pintura o fluidos no aprobados.

Se debe proporcionar ventilación adecuada en cualquier recinto donde se instalen tanques de almacenamiento, bomba o accesorios.

Al igual que cualquier aparato de gas o gasoil, sin un tiro adecuado los gases de combustión no pueden salir de la caldera. La llama se alargará dando lugar a una cámara de combustión sobrecalentada. Incluso si el calentador está instalado correctamente y el tiro es el adecuado. La quema de aceite usado es similar a la quema de madera. Una fina ceniza gris se acumula en la cámara y en el conducto de humos. Esta acumulación de cenizas eventualmente afectará al tiro. Es importante quitar esta ceniza antes de que el tiro se vea afectado.

**ADVERTENCIA:** Recoja y almacene el aceite continuamente y tenga en cuenta que:

**¡El agua y los lodos no son combustibles!**

**¡El aceite nuevo del motor NO se quema!**

**VENTILACIÓN:** Si no se provee de una ventilación adecuada, podría resultar en muerte, lesiones graves y/o daños a la propiedad. Las unidades deben ser instaladas con una conexión de chimenea y un respiradero apropiado al exterior del edificio. El funcionamiento seguro de cualquier equipo de combustión de aceite requiere un sistema de ventilación que funcione correctamente, una provisión correcta para el aire de combustión y un mantenimiento e inspección regulares.

**ADVERTENCIA:** Se excluirán los daños causados debido al fallo de los quemadores y/o calderas durante el funcionamiento.

**ADVERTENCIA:** Apague la energía eléctrica de la unidad antes de realizar cualquier servicio o mantenimiento en el quemador.

## Información General

El quemador Policombustible debe ser instalado de acuerdo con una serie de regulaciones y requisitos. Por lo tanto, el instalador debe estar familiarizado con todos los reglamentos y requisitos aplicables. La instalación, puesta en marcha y mantenimiento deben realizarse con cuidado.

Antes de instalar el quemador **Cyclón** Policombustible, compruebe que los elementos suministrados estén completos.

Volumen de suministro:

**Cyclón** : Quemador, brida de montaje, junta de brida, conector 7 bornes (macho), 8 metros de manguera de aceite flexible, Filtro (opcional).

**Cyclón Serie-J**: Quemador, brida de montaje, junta de brida, conector 7 bornes (macho), 5 metros de manguera de aceite flexible, bomba externa con el flotador de la aspiración y el filtro.

### DESCRIPCIÓN FUNCIONAL

El combustible es bombeado desde el tanque de almacenamiento por la bomba incorporada (bomba externa en la serie J) hacia el depósito del quemador.

Un interruptor flotante doble regula el nivel en el depósito y apaga el quemador en caso de llenado excesivo.

El interruptor del flotador del depósito de rebose detiene el quemador en caso de que se derrame aceite a dicho depósito.

Un termostato regula la temperatura del aceite en el quemador y enciende automáticamente el quemador tan pronto como se alcance la temperatura seleccionado.

Un termostato adicional evita el sobrecalentamiento.

Una boquilla especial succiona el combustible, utilizando el aire comprimido que pasa por ella y que sirve como aire primario para la combustión y lo atomiza.

El ventilador de combustión suministra el aire secundario, que es mezclado con la niebla de pulverizada en el anillo de llama.



Depósito de rebose

De este modo se garantiza una combustión perfecta y un funcionamiento seguro.

Una centralita SIEMENS LOA 24 controla todos los componentes y monitoriza la llama por medio de la fotocélula.

### AIRE COMPRIMIDO

La presión de alimentación máxima de 1,5 bar puede ser controlada por un regulador de presión de aire. (Ver página 7)

### COMBUSTIBLES

Los quemadores universales de aceite son adecuados para su uso con una gran variedad de aceites naturales, aceites de base mineral y aceites sintéticos. Debido a su viscosidad, estos aceites no se ajustan a la norma EN 267 para quemadores de gasoil. Por lo tanto, los quemadores no pueden ser certificados. Una inspección para determinar la idoneidad para el tipo de combustible seleccionado deberá de ser realizada por el operador antes de la aceptación de la instalación.

El diseño y grado de protección del quemador lo hacen adecuado para el funcionamiento en estancias cerradas.

Cuando se use aceite sintético o mineral, se puede mezclar con gasoil de calefacción al 10% para facilitar el arranque.

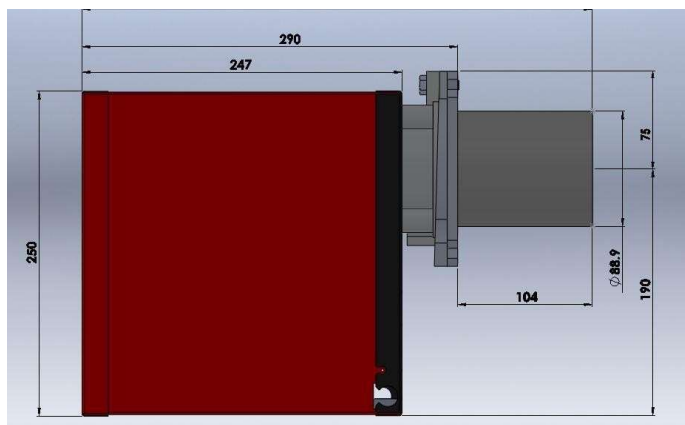
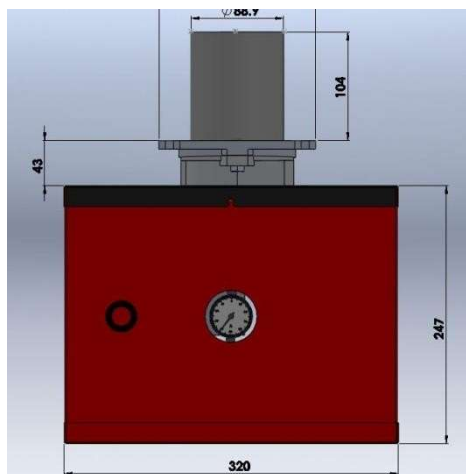
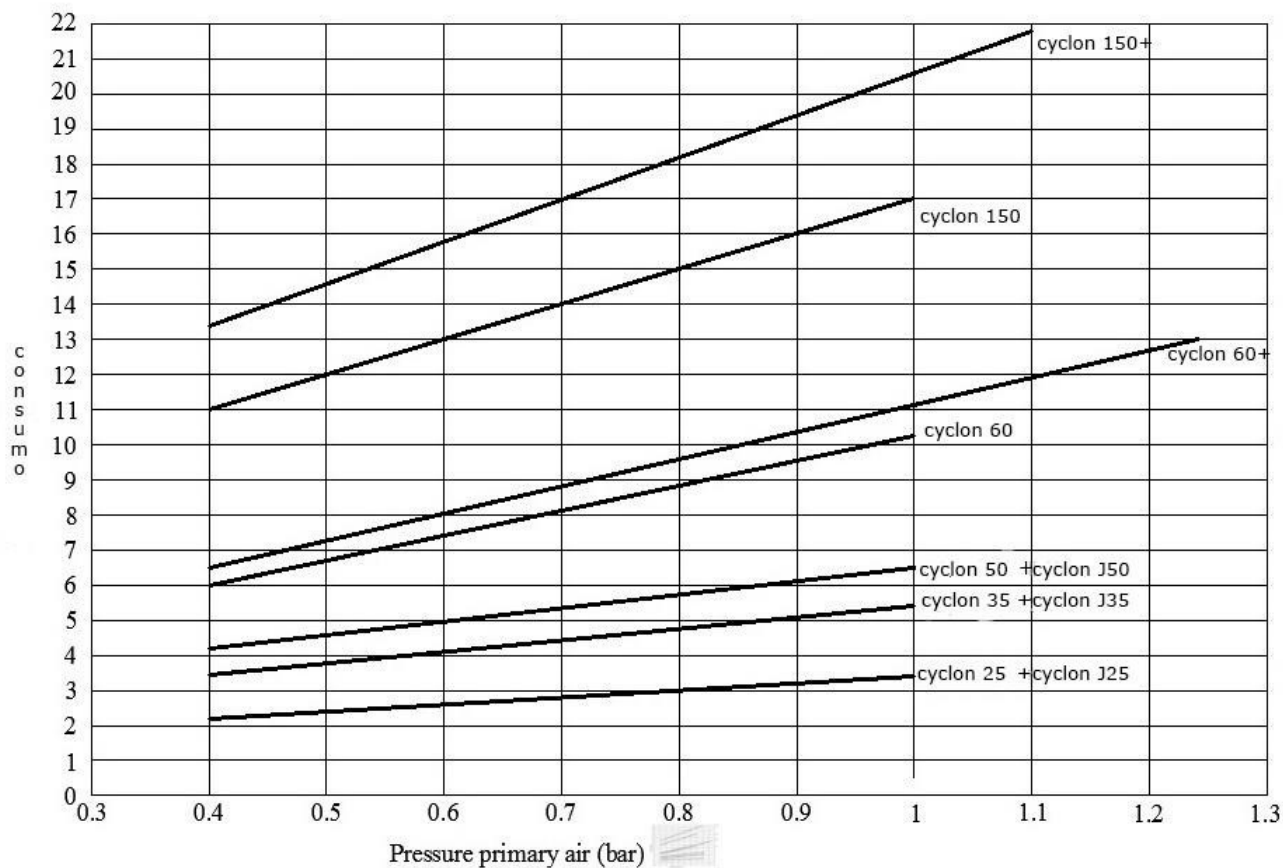
Cuando se use aceite vegetal, ajustar la temperatura a "máx" (punto de inflamación alto). 4

Cuando se use gasoil, ajustar la temperatura a "min".

# Cyclon Quemadores

## Datos técnicos

Cyclón: MODELOS DE QUEMADORES		Cyclón J-25	Cyclón J-35	Cyclón J-50	Cyclón 25	Cyclón 35	Cyclón 50	Cyclón 60	Cyclón 60+	Cyclón 130	Cyclón 130+	
POTENCIA	kw	25-35	35-65	50-85	25-35	35-65	50-85	60-120	60-150	130-201	130-250	
Consumo de combustible	Kg/h	2,4-3,4	2,9-3,4	4,2-6,3	2,4-3,4	2,9-3,4	4,2-6,3	5,8-10,7	5,8-14,3	12,5-19,2	12,5-23,5	
Datos del Motor	V / W / A	230 / 180 / 1,2										
CALENTADOR	W	1000									1300	
Datos eléctricos	V / W / A	230/1000/5			230/1200/6						230 / 1500 / 7	
Revoluciones del motor	Rpm	800			2800							
Peso	Kg	12			16		16,5	17	19	20		
Consumo de aire primario	m³/h	3,1	5,2	6,5	3,1	5,2	6,5	13	18	24	28	
Boquillas (Inyectores)		30609-11	DA-2	30609-49	30609-11	DA-2	30609-49	2 x DA-2	2 x DA-2	3 x DA-2	3 x 30609-49	

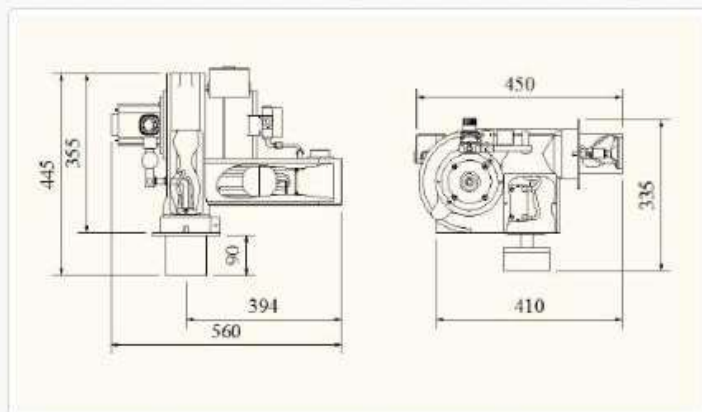


Dimensiones Serie-J

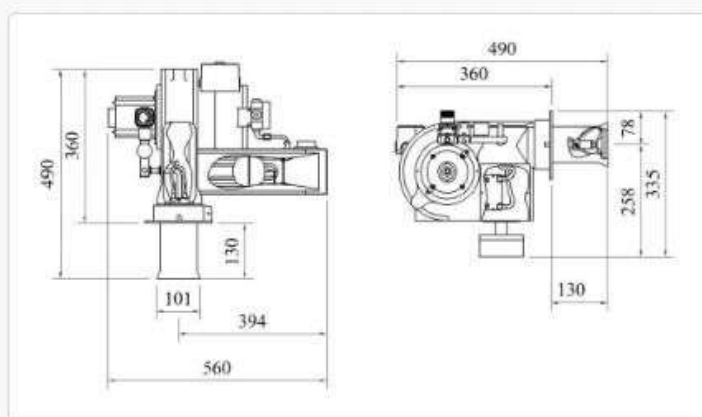
# Cyclon Quemadores

## Dimensiones

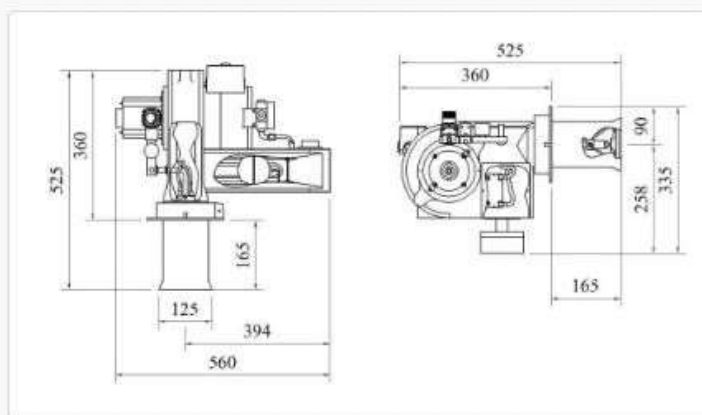
### **Cyclón 25, Cyclón 35 & Cyclón 50**



### **Cyclón 60 & Cyclón 60+**



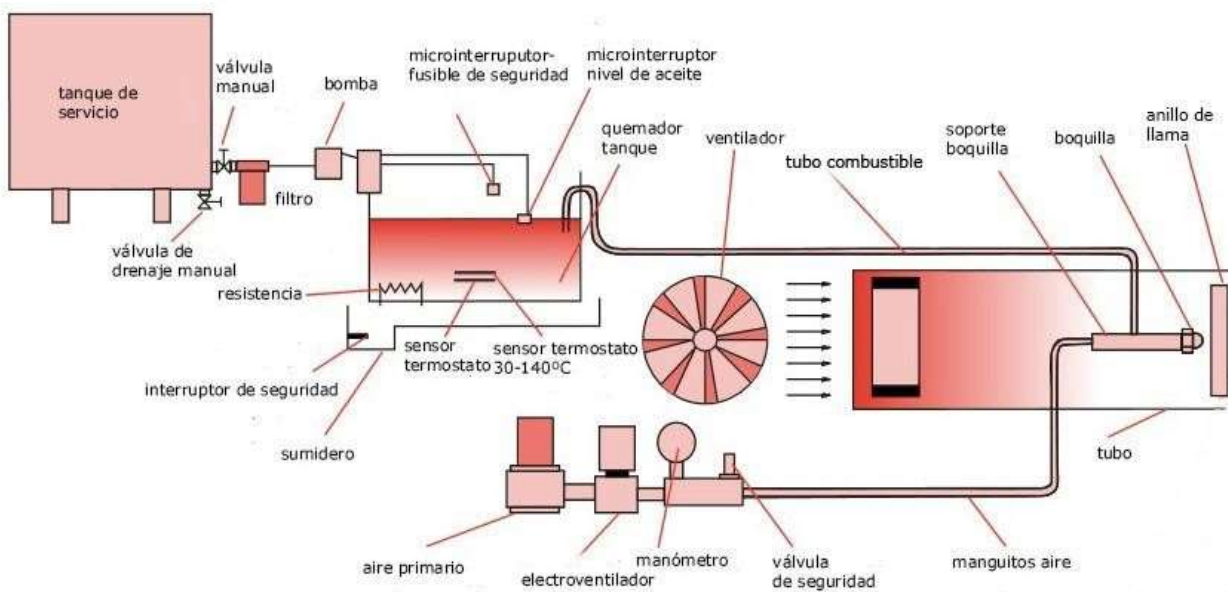
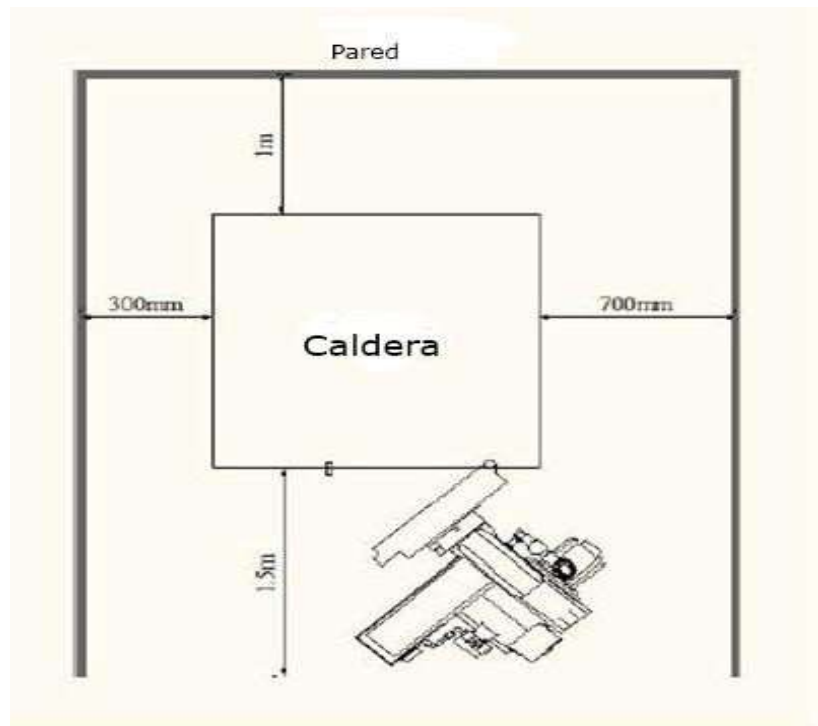
### **Cyclón 130 & Cyclón 130+**



# Cyclon Quemadores

## Dimensiones

Ubicación de la caldera





## Instalación

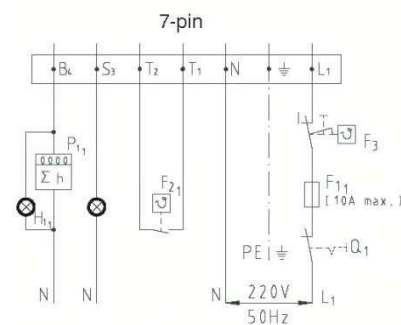
### Conención del conector de 7 bornes a la alimentación.

B4 – puede conectarse a un contador horario (opcional)

S3 – señal de error (opcional)

T1 & T2 – termostato ambiente

F3 – termostato de la caldera



### Entrada de aire comprimido

Conecte una línea de aire comprimido al regulador de presión.

Asegúrese de que la presión de aire es más de 1,5 bar.

El flujo de aire primario debe ajustarse usando el regulador de presión de acuerdo con lo requerido por el quemador.

Los valores mostrados en el diagrama (página 5) pueden usarse como valores de referencia.

Los combustibles de mayor viscosidad requieren presiones atmosféricas más altas.



### Bomba de aceite

Las bombas de aceite sirven como unidades de suministro, bombeando aceite en el tanque del quemador. La atomización del aceite no depende de la presión del aceite.

¡No aumente la presión del aceite bajo ninguna circunstancia!

**NUNCA instale el tubo de aceite de aspiración para tomar aceite de la parte inferior del tanque de almacenamiento!**

**La mejor solución es utilizar el flotador con el filtro.**

**¡Todo el agua, los lodos y otras impurezas están en el fondo! (Son más pesados que el petróleo)**

**Drene el agua del tanque de almacenamiento una vez al mes usando el grifo de drenaje.**



## Instalación

**PRECAUCIÓN:** Se recomienda que el combustible esté a una temperatura de 5 grados Celsius o más cuando entre en la bomba. A una temperatura inferior a 5 grados Celsius el aceite se vuelve más viscoso y difícil de bombear. El suministro del depósito del quemador puede reducirse, dando lugar a paradas molestas.

El tanque de almacenamiento debe estar a más de 1,5 metros y no más lejos que 10 metros del quemador. Si el tanque está por debajo de la caldera y a más de 5 metros de distancia del quemador, debe utilizarse una bomba externa.

En la parte inferior del tanque de suministro debe instalarse la válvula manual (para separar el agua y los lodos).

**PELIGRO:** Nunca instale la aspiración en la parte inferior del tanque de suministro. La tubería de aspiración debe ser instalada 20 cm por encima de la parte inferior del depósito.

### LINEAS DE SUMINISTRO

Lea esta sección cuidadosamente antes de instalar cualquier línea de suministro. Dado que es casi imposible encontrar una fuga en la línea de succión, **tómese su tiempo para asegurarse de que todas las conexiones estén libres de fugas durante la instalación.** Las líneas de suministro y accesorios son suministrados por el instalador.

Con el medidor de vacío montado en el puerto de vacío de la bomba, el medidor indicará cualquier restricción de la línea de succión, incluyendo un filtro sucio.

Todas las tuberías deben estar protegidas contra posibles daños y deben sujetarse rígidamente en su lugar de forma manual.

NOTA: Se debe tener cuidado para asegurar conexiones sin fugas.

### CONEXIÓN DE LA CHIMENEA.

Una condición importante para el perfecto funcionamiento del horno es una chimenea dimensionada correctamente. El dimensionado se efectúa de acuerdo con DIN 4705 según DIN 18160 y con base en las salidas de la caldera y del quemador. La altura efectiva de la chimenea se cuenta desde el nivel del quemador. Seleccione un diseño de chimenea que minimice el peligro de condensación o el de una pared interna de la chimenea fría.

**Para el ajuste exacto y la estabilización del caudal de aire de la chimenea recomendamos la instalación de un limitador de tiro.**

Con eso se refiere:

- Las fluctuaciones en el tiro se igualan.
- La humedad en la chimenea se reduce.
- Se reducen las paradas.

Se deben introducir piezas de conexión en la chimenea con un gradiente de 30 ° ó 45 ° visto en la dirección del tiro.

Es mejor proporcionar conductos con aislamiento térmico.



### TERMÓMETRO DE GASES DE COMBUSTIÓN.

Para el control de la temperatura de los gases de combustión, el sistema de calefacción debe estar equipado con un termómetro de gases combustión. Cuanto mayor sea la temperatura del gas de combustión, mayor será la pérdida.

A mayor temperatura de los gases de combustión mayores serán los depósitos de cenizas dentro de la cámara de combustión, lo que reducirá el grado de eficiencia de la caldera.

En caso de que la temperatura de los gases de escape sea cada vez mayor, hay que limpiar la instalación de calefacción (ver figura). 9



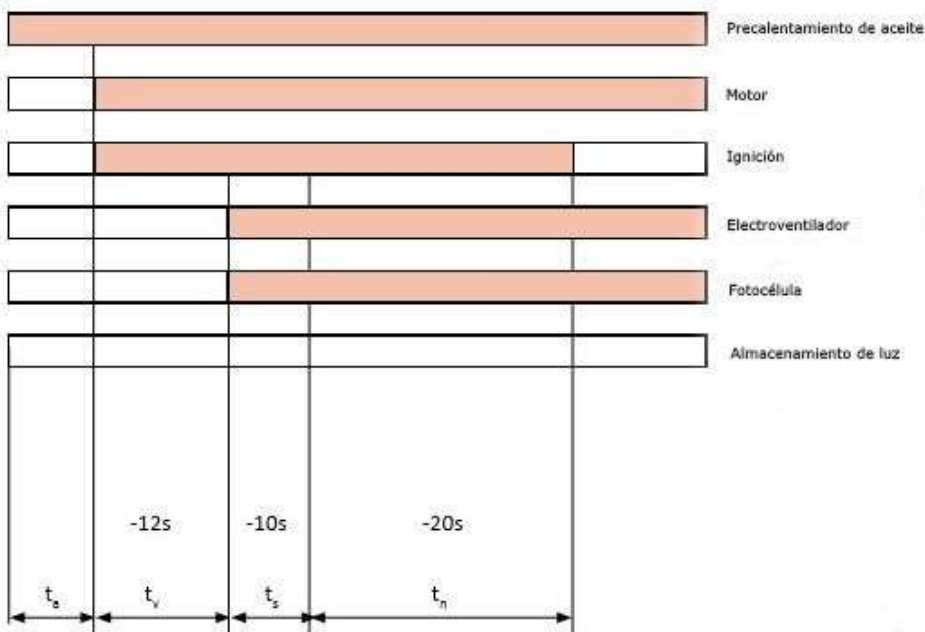
## Funciones de seguridad y encendido

### Funciones de seguridad y encendido

Si se produce un fallo de llama durante el funcionamiento, el suministro de combustible se apaga inmediatamente y el sistema intenta un reinicio, con pre ventilación y reintentando el encendido. Si no se produce llama, el cuadro de control indica un fallo después de expirar el período de seguridad. En todos los casos se produce un reinicio tras un corte de red. La caja de control muestra un fallo si la célula fotoeléctrica detecta una fuente de luz durante el tiempo de preventilación, después del tiempo de seguridad.

La centralita sólo puede enchufarse o desenchufarse si el interruptor principal está en la posición "OFF" o si el conector de 7 bornes está desconectado, porque la parte inferior de la misma lleva 230 V.

Debe evitarse la luz externa en la fotocélula o el detector de llamas (por ejemplo, revestimiento de arcilla roja). Sólo entonces se garantiza el funcionamiento sin fallos de la instalación.



$t_s$  tiempo  
 $t_v$  tiempo preliminar  
 $t_s$  tiempo de seguridad  
 $t_n$  tiempo post-ignición

SIEMENS	LOA 24.171B27
$t_{v1}$ = pre ignición + pre ventilación	13 seg.
$t_s$ = período de seguridad	10 seg.
$t_n$ = post ignición	20 seg.
Post ventilación después del apagado	-
Retardo después de fallo	Aprox. 60 seg.
Fotocélula (sensor de llama)	SIEMENS QRB1

# Cyclon Quemadores

## Ajustes

### Ajustes de aire primario y secundario

Quemador	Pulverizador	Aire primario	Aire secundario
Cyclon 25	1x30609-11	0,7	1,5
Cyclon 35	1xDA-2	0,9	2
Cyclon 60	2xDA-2	0,9	3,5
Cyclon 60+	2xDA-2	1,2	3,5
Cyclon 130	3xDA-2	1,2	4

Quemador	Pulverizador	Aire primario	Aire Secundario
J-25	30609-11	0,6	4
J-35	DA-2	0,8	5
J-50	30609-49	0,9	7



Regulador de aire secundario

Ajuste Termostato	
Aceite vegetal	80-140 C°
Aceite motor	90-120 C°
Gasoil	0 C° (not to heat)



Regulador de aire primario



Regulador de aire secundario  
(quemador **Cyclon** serie-J)

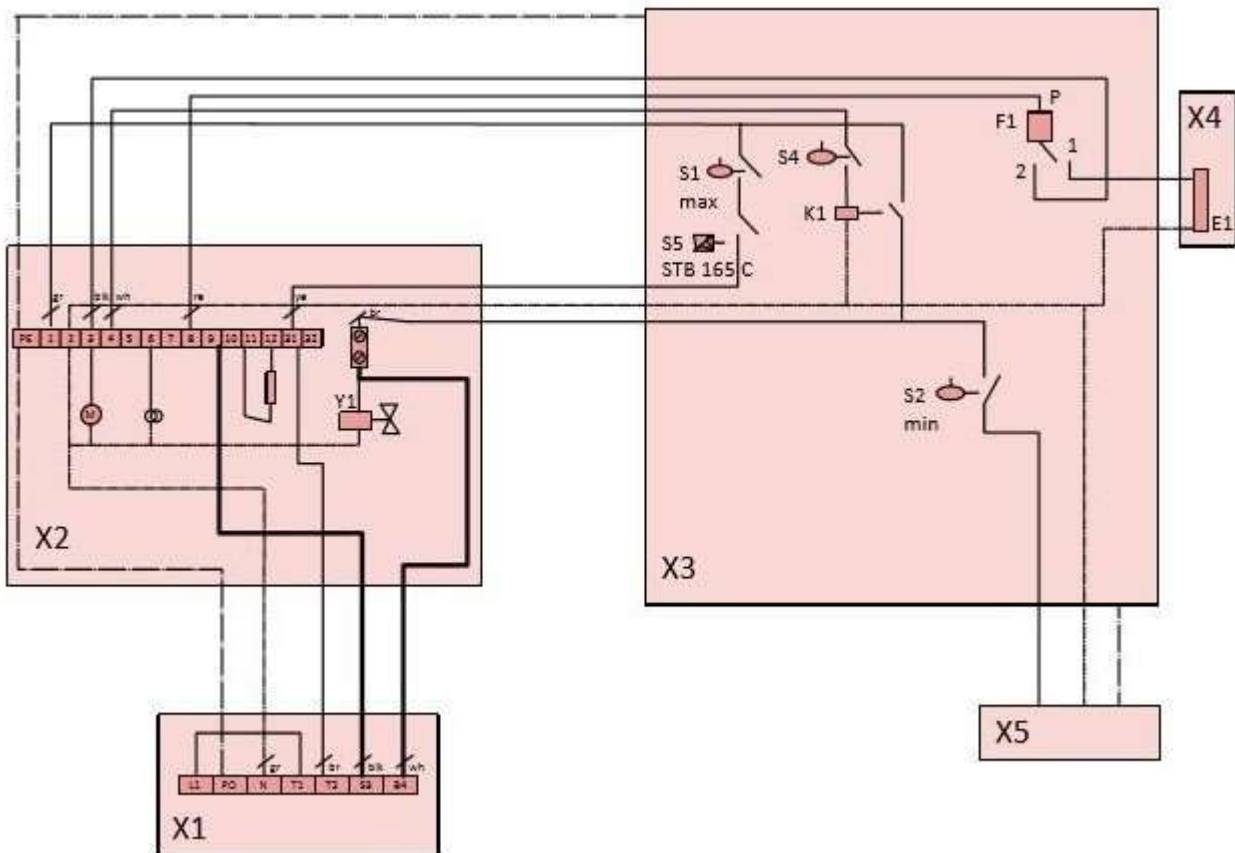


Ajuste del termostato

Al ajustar el quemador por primera vez, llene el tanque manualmente. El nivel de aceite normal está a 50 mm de la parte superior. Si se sobrepasa el nivel, el interruptor del desbordamiento apagará el quemador!



## Esquema eléctrico



- |    |                         |     |                      |
|----|-------------------------|-----|----------------------|
| B1 | FOTOCELULA              | X2  | CAJA ELECTRONICA     |
| E1 | BOBINA DE CALENTAMIENTO | X3  | CONTROLADOR DEPOSITO |
| F1 | TERMOSTATO ACEITE       | X4  | DEPOSITO             |
| K1 | RELE                    | X5  | UNIDAD DE POTENCIA   |
| M1 | REGULACION MOTOR        | bl  | AZUL                 |
| S1 | SUMIDERO SEGURIDAD      | br  | MARRON               |
| S2 | MICRO CONTROL ACEITE    | ye  | AMARILLO             |
| S4 | SUMIDERO DESBORDAMIENTO | gr  | GRIS                 |
| S5 | TERMOSTATO SEGURIDAD    | blk | NEGRO                |
| T1 | TRANSFORMADOR           | re  | ROJO                 |
| Y1 | SOLENOIDE               | wh  | BLANCO               |
| X1 | CONECTOR ANTORCHA       |     |                      |



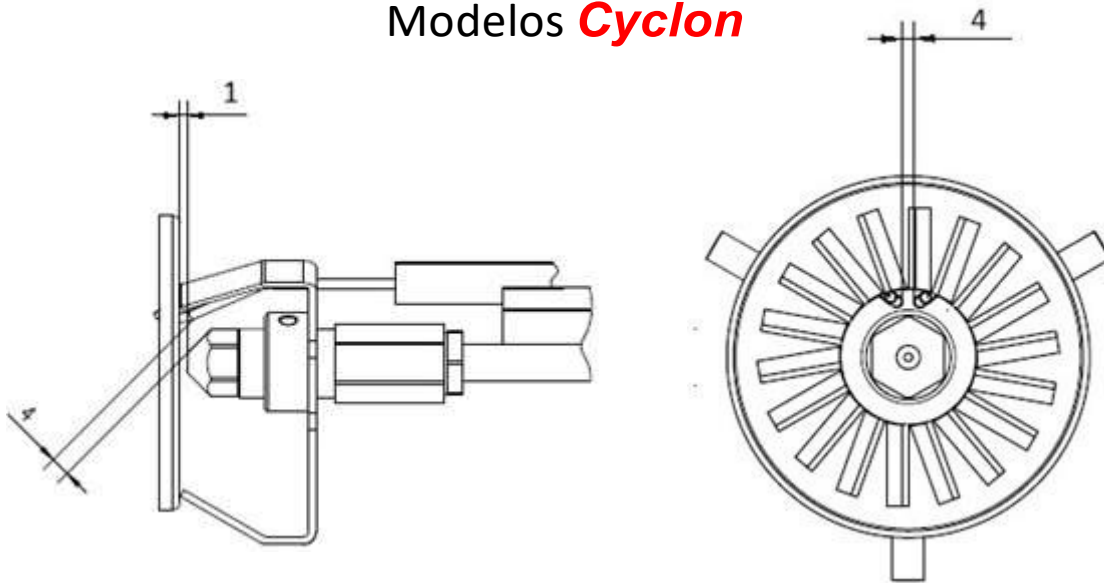
## Resolución de problemas

Problema	Causa	Solución
Quemador no se enciende o se apaga y se extingue la llama	a) El combustible no es inflamable debido a la contaminación por lodos y/o agua b) El depósito de aceite está vacío c) el nivel de aceite en el tanque es demasiado alta la antorcha d) el nivel de aceite en el tanque es demasiado bajo quemador e) El filtro externo, y/o la bomba de alimentación del filtro obstruidos. Mangueras de aceite o de aire defectuosas f) solenoide de entrada de la bomba defectuosa g) Boquilla bloqueada o defectuosa h) Bomba de alimentación bloqueada j) Daños en el motor de apagado) k) termostato de sobrecalentamiento activado l) sobrecalentamiento interruptores termostato continúa m) La fotocélula está sucia o conectado de forma incorrecta n) Centralita defectuosa o) no se enciende p) Falta de aire comprimido q) falta de aire comprimido r) solenoide defectuosa s) la manguera de aire del compresor mal t) aceite demasiado viscoso por las heladas u) La distancia entre el recipiente de suministro y el quemador es demasiado grande A) Demasiados quemador de llama o demasiado alto desempeño	a) Abrir el depósito de drenaje. Escurrir el barro y el agua. b) Completa c) Corregir el aceite se haya drenado a través de la salida y si es necesario volver a ajustar el nivel de aceite. O el nivel interruptor de nivel establecido d) Ajustar el nivel de aceite y limpiar el filtro de la bomba de alimentación e) Limpiar el filtro externo, la bomba de alimentación del filtro y la manguera o fijarlos f) Controlar o reemplazar entrada de la bomba de solenoide g) Limpiar o reemplazar la boquilla h) Seleccione la entrada de la bomba y equipo de limpieza i) Encienda el interruptor del quemador conectado con el calentador j) Sustituir el motor k) Reseteo el termostato de sobrecalentamiento l) Reemplazar el termostato m) Limpiar y reemplazar fotocélulas n) Sustituir la centralita del quemador o) Reemplazar electrodos. p) Ajustar presión de aire q) Verificar el compresor. r) Comprobar la válvula de solenoide y sustituir si es necesario s) Comprobar compresor y manguito de aire y fijarlos t) Aislar los manguitos u) Agregar la bomba de alimentación adicional v) Sustituir el termostato y reducir la producción de calor del quemador
No llega aceite	a) Bomba atascada. b) Filtro externo tupidó.	a) Limpiar el filtro de la bomba. b) Limpiar el filtro externo
Boquilla bloqueada.	a) dispersión incorrecta. b) Poca presión de aire c) Mala ventilación.	a) Ajustar la dispersión b) Ajustar manómetro c) Ventilar lo suficiente

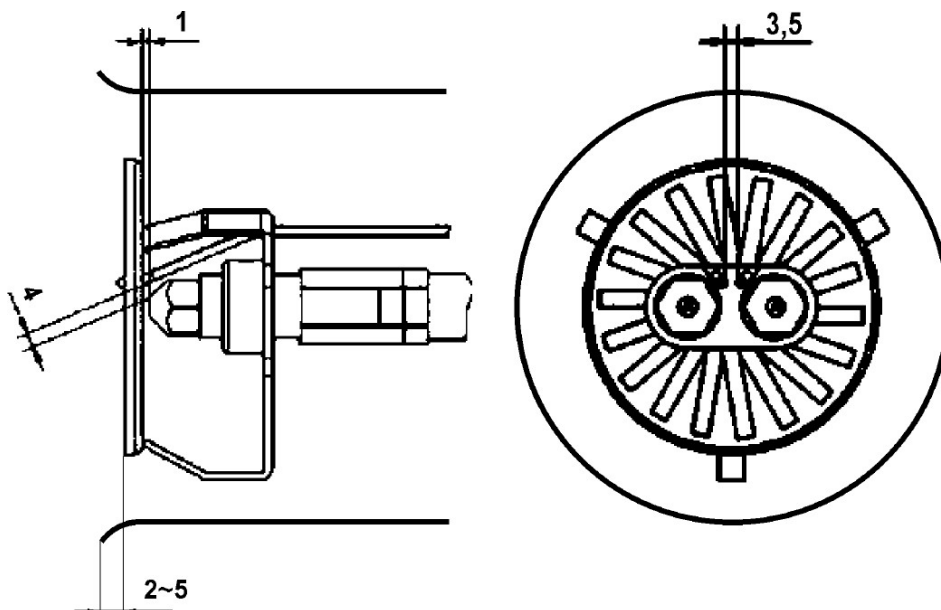
# Cyclon Quemadores

## Ajuste de electrodos

### Modelos *Cyclon*



### Modelos *Cyclon* Serie-J



Es importante limpiar los electrodos y el anillo de llama cada mes para lograr un arranque sin problemas.

## Bomba quemador

Diagrama de consumo-presión

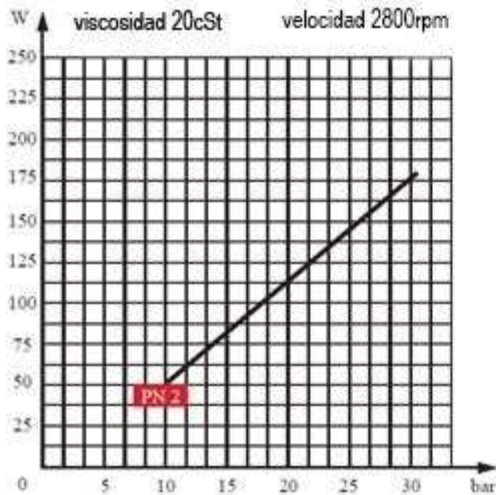
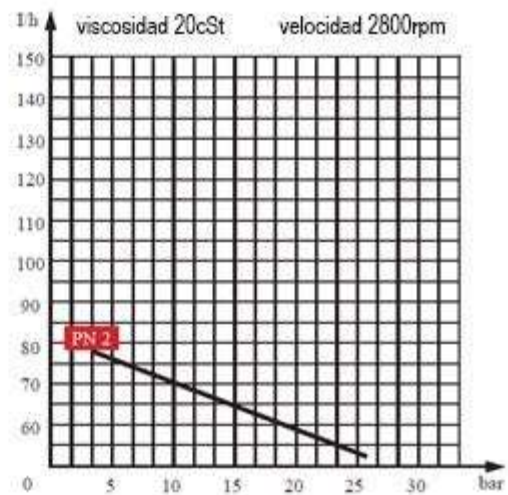


Diagrama de capacidad-presión



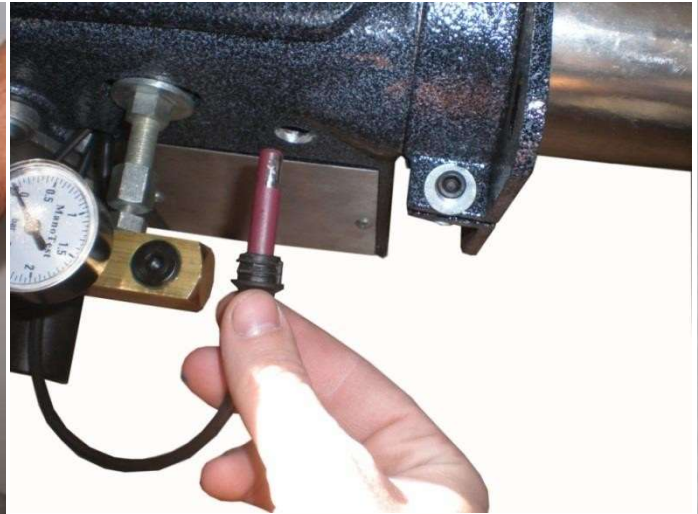
## Datos hidráulicos

Valores de fábrica	15 bar
Rango de presión	10 - 28 bar
Rango de viscosidad	2 - 200 cSt
Temperatura de aceite	0 - 120°C
Presión de entrada	1,5 bar max
Presión de retorno	1,5 bar max
Presión de succión	0,45 bar max
Velocidad	2800 - 3480 rpm
Par de inicio	0,10 Nm
Capacidad	Ver gráficas
Consumo eléctrico	Ver gráficas
Área de filtrado	11 cm <sup>2</sup>
Malla	300 µm
Peso	1,1 kg





## Mantenimiento



La fotocélula (sensor de llama) debe ser limpiada cada 30 días. Si la fotocélula está sucia, el quemador arrancará y después de 4 seg. la centralita mostrará un error (encenderá la luz roja)  
Tenga cuidado de colocar la fotocélula en la posición correcta para "ver" la llama (ver imagen).

**Dependiendo de la calidad del aceite utilizado, recomendamos los siguientes intervalos de mantenimiento:**

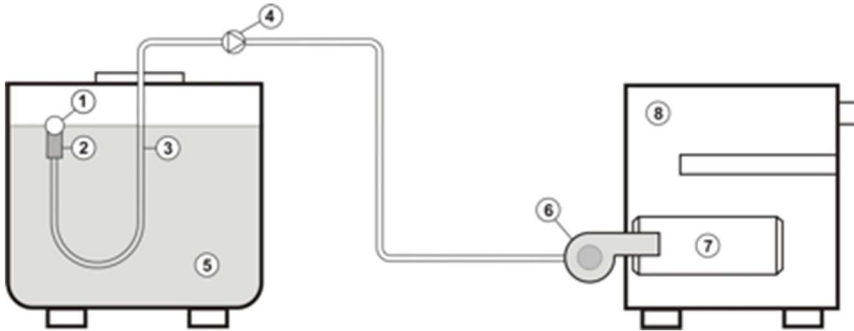
### **Mensual:**

- Limpie el filtro en el tanque de suministro, en el depósito del quemador y el filtro en flotador de aspiración.
- Compruebe el nivel de aceite en el tanque de suministro para asegurarse de que hay suficiente combustible.
- Retire y limpie el filtro de la bomba de alimentación.
- Retire los lodos y el agua residual del tanque de suministro o del depósito del quemador.
- Limpiar la Fotocélula
- Limpie los electrodos de encendido y el anillo de llama y sople la boquilla con aire comprimido. Compruebe el espacio entre los electrodos de encendido (consulte las dimensiones para el ajuste de los electrodos de encendido en la página 14)
- Los aisladores de porcelana del electrodo deben estar libres de carbono, aceite, suciedad Y grietas. De lo contrario, los cortocircuitos podrían causar problemas de encendido.
- Inspeccionar la caldera, si está sucia, limpiarla.

### **Anual (antes o después del período de calefacción):**

- Llevar a cabo el mantenimiento mensual descrito.
- Limpiar la resistencia del depósito del quemador
- Limpiar los electrodos de encendido y la placa deflectora, soplar la boquilla con aire comprimido y comprobar el espacio entre los electrodos de encendido
- Limpie el depósito del quemador y el depósito de suministro completamente.
- Limpiar la caldera y la chimenea.

## Instalación de la bomba auxiliar



1. Flotador
2. Colador
3. Tubo de goma
4. Bomba auxiliar
5. Aceite
6. Quemador
7. Cámara de Combustión
8. Caldera



Bomba Auxiliar 130W



Unidad de Aspiración



## Mantenimiento

Tenga cuidado al ajustar el interruptor doble.

El nivel de combustible normal es 50mm desde la parte superior del depósito.

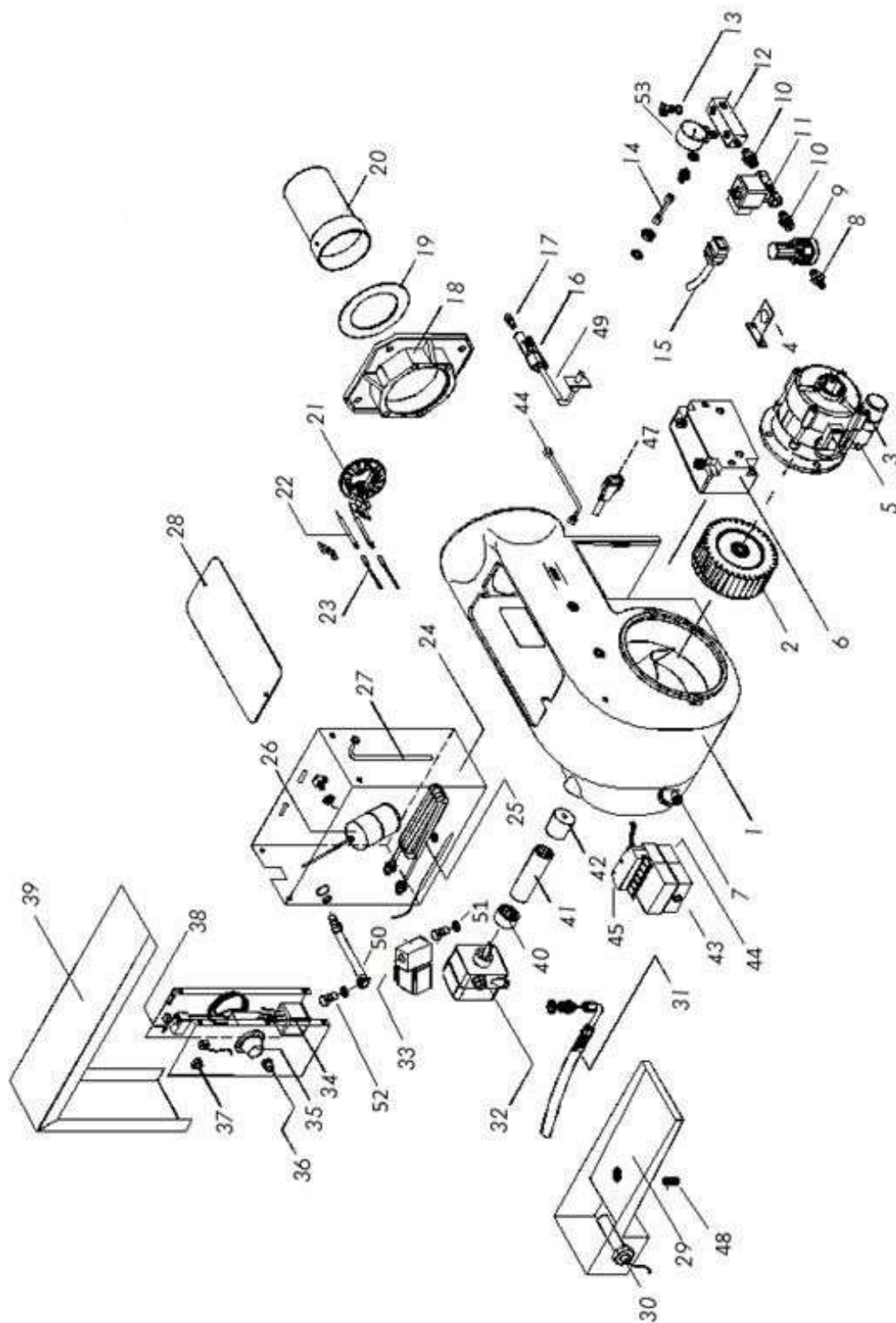
El contacto de seguridad se debe activar si el nivel llega a 25 mm de la parte superior del depósito.



**Fibra cerámica** – Será necesaria para todos los quemadores cuando se utiliza con calderas de acero con cámara de combustión grande o de hierro fundido, o calderas con un panel trasero vertical en la cámara de combustión. La fibra cerámica evitará que se formen depósitos de aceite no quemado en la parte inferior de la caldera.

**Válvula de drenaje:**  
Es necesario abrir la válvula de drenaje para liberar agua sedimentada.

## Despiece

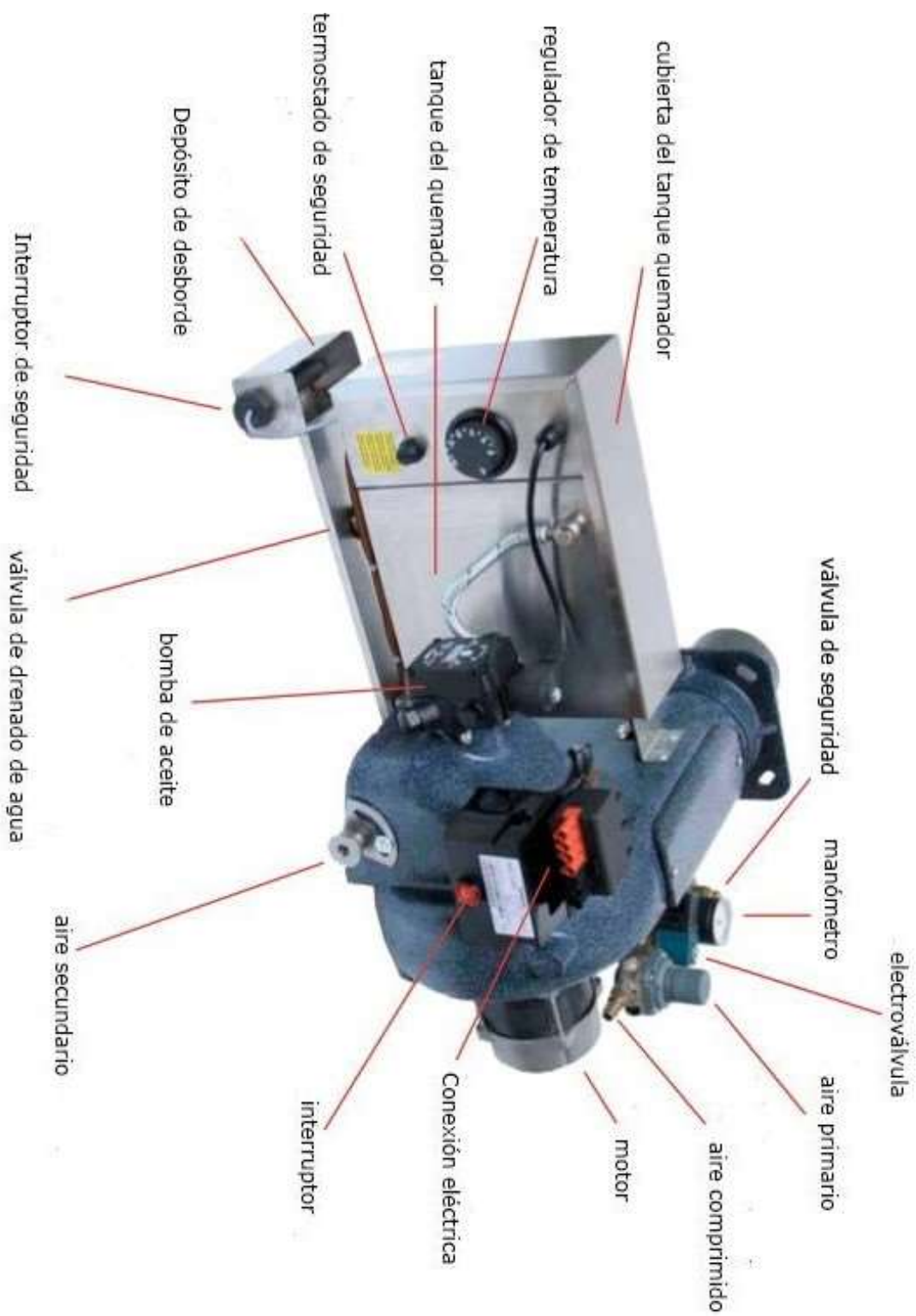


## Part list

1. Cuerpo del quemador
2. Ventilador
3. Condensador
4. Soporte del regulador de presión
5. Motor del ventilador
6. Transformador HT
7. Regulador de aire secundario
8. Conector del compresor
9. Regulador de presión
10. Conector  $\frac{1}{4}$ -  $\frac{1}{4}$
11. Válvula solenoide para aire
12. Distribuidor de aire
13. Tapón 1/8
14. Adaptador Macho-Hembra 1/8 - 1/8
15. Conector Válvula Solenoide
16. Cuerpo de la boquilla
17. Boquilla
18. Brida del quemador
19. Junta de la Brida
20. Tubo de llama
21. Anillo de llama ("deflector")
22. Electrodo
23. Cable HT
24. Depósito de aceite ("Freidora")
25. Resistencia eléctrica
26. Flotador
27. Tubo de cobre (1)
28. Tapa del cuerpo del quemador
29. Depósito de fugas
30. Interruptor de seguridad
31. Manguera de aceite
32. Bomba de aceite
33. Válvula solenoide para aceite
34. Relé
35. Termostato regulable
36. Termostato de seguridad
37. Luz Verde
38. Interruptor doble ajustable
39. Tapa del depósito de aceite
40. Acoplamiento de plástico de 8mm
41. Acoplamiento de goma de 130mm
42. Acoplamiento de plástico de 12,7mm
43. Centralita
44. Base para centralita
45. Enchufe hembra de 7 bornes
46. Enchufe macho de 7 bornes
47. Fococélula
48. Válvula de vaciado
49. Tubo L-90  $\frac{1}{4}$  -  $\frac{1}{8}$
50. Tubo de aceite O  $\frac{1}{4}$  -  $\frac{1}{8}$
51. Adaptador  $\frac{1}{8}$  -  $\frac{1}{4}$
52. Tornillo hueco  $\frac{1}{4}$
53. Manómetro



## Partes principales



## Declaración de conformidad

### Declaración de conformidad

Declaramos que los quemadores de aceite (Policombustible), de los modelos Cyclon y Cyclon serie-J cumplen con las siguientes directivas:

- **Directiva de baja Tensión**

De acuerdo con 73/23/EC  
en conexión con VDE 0700 part 1 / versión 04.88  
y DIN VDE 0722 / versión 04.83

- **Riesgo eléctrico**

De acuerdo con la DIN EN 50 165:2003 y la EN 60335-1:2003

- **Compatibilidad electromagnética**

De acuerdo con la directiva EMC 89/336/EC  
en conexión con EN 55014 / versión 04.93  
y EN 50082-1 / versión 01.92

*Cyclon Quemadores*

J. R. Cardezo  
Director

*Cyclon*  
*Quemadores*

**CERTIFICADO  
DE  
GARANTÍA**

**Cyclon Quemadores**

### “CERTIFICADO DE GARANTÍA”

Por el presente documento, se expide este certificado de garantía para el quemador **Cyclon**.

**Nº de serie:**

**Titular de la garantía**

**Fecha de compra:**

**Validez: 2 años a partir de la fecha de compra.**

\*La garantía queda comprendida en las condiciones y exclusiones descritas en el reverso de este certificado.

\*La presentación de este certificado, es requisito indispensable para tramitar cualquier solicitud de garantía.

**Firma y sello:**

**Cyclon Quemadores**

### Condiciones de la garantía:

1º - Esta garantía cubre las unidades fabricadas y/o distribuidas por **Cyclon** y cualquiera de sus partes, incluyendo mano de obra y los elementos necesarios para su sustitución.

2º - Los gastos originados por el transporte hasta el taller asignado por **Cyclon** serán por cuenta del cliente.

3º - Es competencia exclusiva de **Cyclon** la aceptación de la garantía y la asignación del taller donde ejecutará.

4º - El beneficiario de la garantía no podrá reclamar el préstamo de otro equipo de sustitución durante el período de ejecución de la reparación en garantía.

### Exclusiones y limitaciones:

1º - La garantía no cubre las averías y desperfectos originados por agentes externos al propio quemador, así como accidentes derivados de su mal uso.

2º - La garantía no cubre las piezas sometidas a un desgaste normal derivado del uso cotidiano del quemador.

3º - La garantía no cubre ralladuras, golpes, ataques con detergentes o disolventes o cualquier otro producto que pueda dañar el quemador.

4º - La garantía no cubre las modificaciones efectuadas por el usuario o por terceros sin previo aviso a **Cyclon** y su aceptación expresa.

Igualmente los daños originados o relacionados por componentes no comunicados o no originales y aceptados expresamente por **Cyclon**.

5º - Será motivo de pérdida de esta garantía el uso incorrecto o inadecuado que pueda derivar en un mal funcionamiento o avería del quemador.



### 3. Datos administrativos y resultados obtenidos por el Laboratorio Regional de Combustibles de Castilla y León (LARECOM)



**Junta de Castilla y León**

Consejería de Economía y Hacienda  
Viceconsejería de Economía y Competitividad  
Dirección General de Energía y Minas

#### DATOS ADMINISTRATIVOS

CODIGO LABORATORIO..... L-101/23  
NOMBRE SOLICITANTE..... UVA  
REFERENCIA SOLICITANTE..... Muestra 2 AC usado  
TIPO DE MUESTRA..... Líquido (aceite)  
FECHA DE ENTRADA..... 29/03/2023

#### RESULTADOS

Carbono (%).....	77,4	ASTM 5291
Hidrógeno (%).....	11,2	ASTM 5291
Nitrógeno (%).....	0,02	ASTM 5291
Azufre (mg/kg).....	4,10	UNE EN ISO 20846
Oxígeno (%) (calc.).....	11,36	-
Poder calorífico superior (PCS)v (Kcal/Kg).....	9424	ASTM 240
Poder calorífico inferior (PCI)v (Kcal/Kg).....	8874	ASTM 240
Poder calorífico inferior (PCI)p (Kcal /Kg).....	8856	ASTM 240
Cenizas (%m/m).....	0,004	EN 6245
Viscosidad a 40°C (mm <sup>2</sup> /s).....	34,50	ASTM 445
Viscosidad a 100°C (mm <sup>2</sup> /s).....	8,15	ASTM 445
Densidad a 15°C (Kg/m3).....	922,0	EN 12185
Densidad a 35°C (Kg/m3).....	908,4	EN 12185
Densidad a 60°C (Kg/m3).....	891,6	EN 12185

León, 19 de abril de 2023

Técnico en Combustibles

El Director del Laboratorio

P.A.: El Coordinador de Servicio

Fdo.: M<sup>a</sup> Belén Alonso Álvarez

Fdo.: Miguel Martínez de Paz



## 4.Certificado de calibración por Instrumentación y Servicios de Calibración, S.L., (ISCAL)

# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN<sup>1</sup>

*Certificate of Calibration*

Número **P15549/0001/23**  
*Number*

Página 1 de 3 páginas  
*Page 1 de 3 pages*

### Instrumentación y Servicios de Calibración, S.L., (ISCAL)

Polígono Industrial de Rocas, nº 4  
C/ Benjamín Franklin, nº 351, Nave 4  
33211 Gijón – Asturias  
Tif. 985195062 – Fax. 985132491  
e-mail: [correo@iscal.es](mailto:correo@iscal.es)



**Instrumentación y  
Servicios de Calibración**

OBJETO <i>Item</i>	ANALIZADOR DE GASES
MARCA <i>Mark</i>	TESTO
MODELO <i>Model</i>	350 XL
IDENTIFICACIÓN <i>Identification</i>	01854335//01850152
SOLICITANTE <i>Applicant</i>	UNIVERSIDAD VALLADOLID PLAZA DE SANTA CRUZ 8 47002 VALLADOLID - VALLADOLID
FECHA/S DE CALIBRACIÓN <i>Date/s of Calibration</i>	14/03/2023

Signatario/s autorizado/s  
*Authorised Signatory/ies*

Fecha de Emisión  
*Date of issue*  
**15/03/2023**

Firmado digitalmente por IGLESIAS  
FERNANDEZ SERGIO - 10907499W  
Motivo: Director Técnico  
Fecha: 2023.03.15 13:37:01 +01'00'

Ref. obra: **Q17808**

<sup>1</sup>Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad metrológica al Sistema Internacional de Unidades (SI) u otras referencias internacionalmente aceptadas (cuando no es posible la trazabilidad al SI).  
*This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has evaluated the laboratory's calibration and measurement capabilities and its measurement traceability to the SI system of units or other internationally accepted references (when traceability to SI is not feasible).*



Los puntos marcados con (\*) no están amparados por la acreditación de ENAC  
PCLC-08.01 Rev.02



#### CALIBRACIÓN:

La calibración se ha realizado de acuerdo con el procedimiento de calibración PCALG-01 ED-07. El instrumento ha sido recibido en el laboratorio el día 28/02/2023 y ha permanecido al menos 24 horas en el laboratorio, en condiciones ambientales controladas, antes de comenzar la calibración para asegurar su estabilidad térmica. Los resultados obtenidos corresponden a los valores medios de las repeticiones realizadas. Durante la calibración, el instrumento se mantuvo en condiciones ambientales de temperatura de  $(20 \pm 5)$  °C y humedad relativa inferior al 80 %hr. Para la calibración se han empleado los siguientes patrones:

Mezcla de gases T11-A-01-21 (90 ppm NO<sub>2</sub> + 20,9% O<sub>2</sub>) n° de certificado 12378/22  
Termohigrómetro P-THIG-001 n° de certificado P01169/1001/22  
Mezcla de gases T01-A-01-21 (1% CH<sub>4</sub>) n° de certificado L-0141/21  
Mezcla de gases T04-A-03-22 (1,4 % vol. O<sub>2</sub> + 1000 ppm CO) n° de certificado 13288/22  
Mezcla de gases T06-A-01-23 (80 ppm NO) n° de certificado 13635/23  
Mezcla de gases T08-A-01-21 (100 ppm SO<sub>2</sub> + 5000 ppm CO<sub>2</sub>) n° de certificado 12064/21

#### INCERTIDUMBRES:

“La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura  $k = 2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente del 95%. La incertidumbre típica de medida se ha determinado conforme al documento EA-4/02 M: 2022”.

Los valores e incertidumbres asignados corresponden al momento de la medida, no considerándose la estabilidad del instrumento a más largo plazo.

#### TRAZABILIDAD:

La trazabilidad de las medidas se refiere a nuestros patrones de referencia calibrados periódicamente en laboratorios nacionales firmantes del acuerdo de reconocimiento mutuo de CIPM o en laboratorios acreditados por ENAC, o por cualquier organismo de acreditación con el que ENAC haya firmado un acuerdo de reconocimiento.

#### OBSERVACIONES:

Se emite etiqueta de calibración junto con el presente certificado.

Leyendas en la tabla de resultados:

- (1): Límites inferior y superior para el valor medio de la indicación según especificaciones del fabricante.
- (2): Se considera que el resultado “PASA” cuando el valor medio de la indicación (VM) está comprendido entre los límites inferior (LI) y superior (LS) comentados en (1), es decir,  $LI \leq VM \leq LS$ . Esto se denomina aceptación simple según ILAC-G8:09/2019 y la probabilidad de aceptación falsa es menor del 50%.
- (3): No se especifican límites por lo que no se puede aportar una valoración del resultado.

<sup>1</sup>Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad metrológica al Sistema Internacional de Unidades (SI) u otras referencias internacionalmente aceptadas (cuando no es posible la trazabilidad al SI).  
*This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has evaluated the laboratory's calibration and measurement capabilities and its measurement traceability to the SI system of units or other internationally accepted references (when traceability to SI is not feasible).*





RESULTADOS OBTENIDOS

El equipo ha sido reparado/ajustado. El equipo presentaba las siguientes correcciones "encontradas" antes de la reparación/ajuste:

- Entorno de 80 ppm de NO: Corrección de 8 ppm de NO
- Entorno de 92 ppm de NO<sub>2</sub>: Corrección de 10,4 ppm de NO<sub>2</sub>

Los resultados "dejados" tras el ajuste son los siguientes:

Magnitud	Unidades	Valor del patrón	Límite inferior (1)	Valor medio de la indicación	Límite superior (1)	Corrección de la indicación	Incertidumbre Expandida	Resolución de la indicación	Tiempo de paso de gas en cada lectura (s)	Resultado (2)
Concentración de Oxígeno (O <sub>2</sub> )	% vol. O <sub>2</sub>	1,40	1,16	1,34	1,64	0,06	0,10	0,01	120	PASA
Concentración de Monóxido de Carbono (CO)	ppm CO	1004	954	965	1054	39	16	1	120	PASA
Concentración de Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	ppm SO <sub>2</sub>	99,7	94,7	97,0	104,7	2,7	4,0	1	120	PASA
Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	ppm NO <sub>2</sub>	92,3	87,3	96,4	97,3	-4,1	5,0	0,1	120	PASA
Concentración de Monóxido de Nitrógeno (NO)	ppm NO	79,6	74,6	80,0	84,6	-0,4	1,8	1	120	PASA
Concentración de Metano (CH <sub>4</sub> ) <sup>3</sup>	ppm CH <sub>4</sub>	9785	8807	9800	10764	-15	1000	10	380	PASA
*Temperatura <sup>2</sup>	°C	100,00	98,50	98,90	101,50	1,10	0,50	0,1	N/A	PASA

<sup>2</sup> Medidas Realizadas conectando al instrumento la sonda modelo 0600 7451 y n/s 005.

<sup>3</sup> La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medida por el factor de cobertura  $k = 2,07$  que, para una distribución de  $t$  de Student con 35 grados efectivos de libertad, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%. La incertidumbre típica de medición se ha determinado conforme al documento EA-4/02 M: 2022.

Las correcciones se han calculado a partir de valores sin redondear  
La unidad básica de concentración del Sistema Internacional de Unidades es el mol:

$$\% \text{ vol.} = 10^{-2} \text{ mol/mol}$$

$$\text{ppm} = 10^{-6} \text{ mol/mol}$$

Los resultados se refieren únicamente a los objetos sometidos a ensayo o calibración y al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

<sup>1</sup> Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad metrológica al Sistema Internacional de Unidades (SI) u otras referencias internacionalmente aceptadas (cuando no es posible la trazabilidad al SI).  
This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has evaluated the laboratory's calibration and measurement capabilities and its measurement traceability to the SI system of units or other internationally accepted references (when traceability to SI is not feasible).



Los puntos marcados con (\*) no están amparados por la acreditación de ENAC  
PCLC-08.01 Rev.02