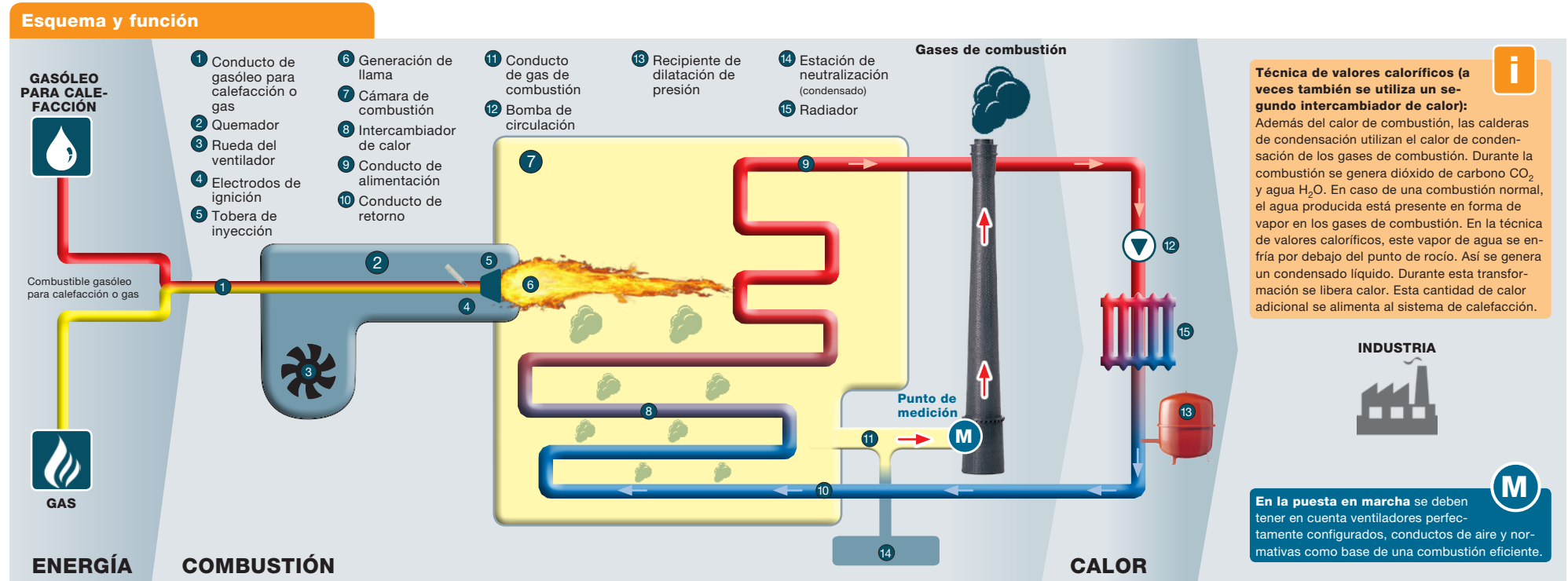


## Descripción de la aplicación Quemador / Caldera



### Procesos de combustión comunes de un sistema de calderas

#### I. Alimentación y preparación del combustible

**A: Gasóleo para calefacción** El combustible se bombea desde el depósito de gasóleo hasta el quemador, el impulso para ello lo proporciona la regulación de calefacción (dependiendo de la necesidad de energía térmica). El combustible se calienta a través de un proceso de precalentamiento. La válvula magnética se abre, el combustible se pulveriza en una tobera de inyección y se rocía en la cámara de combustión.

**B: Gas** El combustible fluye a presión por la red de gas hasta el quemador, el impulso para ello lo proporciona la regulación de calefacción (dependiendo de la necesidad de energía térmica). La válvula magnética se abre, el combustible se pulveriza en una tobera de inyección y se rocía en la cámara de combustión.

#### II. Suministro de aire de combustión

El aire de combustión se añade a la llama del quemador con un ventilador. La alimentación suficiente con aire de combustión asegura una amplia zona de regulación, una combustión estable y los mejores valores de emisividad.

#### III. Ignición del quemador

Las chispas de ignición (electrodos de ignición) garantizan que la mezcla de combustible y aire se encienda y siga ardiendo por sí misma. Supervisión de las llamas mediante:

Gas: vigilante de la llama de ionización (electrodos de ionización)  
Gasóleo para calefacción: vigilante de la llama fotoeléctrico o detector infrarrojo

#### IV. Combustión

Los gases de combustión pasan por las superficies del intercambiador de calor de la caldera y emiten la energía térmica al agua de calefacción a través de las superficies internas. El agua de calefacción se bombea a través de la bomba de circulación a los radiadores mediante el conducto de alimentación y allí emite el calor al entorno. El agua enfriada retorna a través del conducto de retorno para calentarse nuevamente. Para obtener una cierta reserva de agua de calefacción es posible instalar un depósito de agua caliente. Se debe garantizar un buen aislamiento y el cumplimiento de la temperatura teórica (p. ej. 60°C).

## Descripción de la aplicación Quemador / Caldera

### Medición

#### Punto de medición **M** testo 340 / testo 350

##### ¿Dónde se mide?

- En el conducto de gas de combustión

##### ¿Para qué se mide?

- Medición de gases de combustión durante la búsqueda de errores/diagnóstico
- Medición de gases de combustión durante inspecciones y mantenimientos frecuentes
- Cumplimiento de los valores límite de las emisiones
- Optimización del grado de eficiencia del quemador
- Configuración de los distintos puntos de carga

##### ¿Qué se mide?

- O<sub>2</sub>
- CO<sub>2</sub> (se calcula con el testo 340)
- CO
- NO
- NO<sub>2</sub>
- SO<sub>2</sub>
- Pérdida de gases de combustión
- Tiro/Presión
- Presión diferencial
- Temperatura
- Temperatura diferencial

#### Valores medidos comunes en el lugar de medición:

Parámetro de medición	Composición de los gases de escape del gasóleo para calefacción	Composición de los gases de escape del gas
O <sub>2</sub>	2 ... 5 %	2 ... 3 %
CO	5 ... 80 ppm	0 ... 50 ppm
CO <sub>2</sub>	10 ... 15,4 %	6 ... 12 %
NO	20 ... 100 ppm	10 ... 100 ppm
NO <sub>2</sub>	2 ... 25 ppm	2 ... 25 ppm
SO <sub>2</sub>	5 ... 40 ppm (en función del contenido de azufre del combustible)	5 ... 40 ppm (en función del contenido de azufre del combustible)

#### Gasóleo para calefacción:

- Temperatura del gas de combustión:  
+40 °C ... +200 °C  
(+40 °C en calderas de condensación)
- Presión en el conducto de gas de combustión:  
-0,5 ... +0,5 mbar/hPa

#### Gas:

- Temperatura del gas de combustión:  
+250 °C ... +500 °C  
(+40 °C en calderas de condensación)
- Presión en el conducto de gas de combustión:  
-0,5 ... +0,5 mbar/hPa

### Ventajas de los medidores de emisiones de Testo

#### testo 340: Medición de ajuste y servicio

##### Ventajas:

- Siempre listo para el funcionamiento gracias a una tecnología robusta y sin mantenimiento
- Efecto autolimpiante en la manguera especial (PTFE): El condensado y las partículas de suciedad no se adhieren
- Regulación cómoda: con la extensión del tubo flexible (hasta 7,8 m) siempre tendrá a la vista la pantalla de la caldera, incluso en lugares de medición alejados
- Sin tiempos de inactividad gracias a los sensores de gas precalibrados y fáciles de cambiar
- Ampliación del rango de medición (factor 5): medición de concentraciones altas (CO hasta 50.000 ppm) sin restricciones
- Ideal para el uso en biogás y la medición de SO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S



#### testo 350: Medición oficial de emisiones (según el país)

Para ejecutar mediciones oficiales de emisiones se recomienda utilizar el testo 350 (con refrigerador de gas, dilución de valores altos de CO).

##### Ventajas:

- Preparación de gas integrada para resultados precisos (secos), incluso durante mediciones de larga duración sin supervisión
- La conexión Bluetooth permite un trabajo cómodo, incluso en grandes distancias (hasta 100 m de campo abierto) entre la Unidad de Control y el lugar de medición
- Apto para mediciones oficiales de emisiones (según el país)
- Ampliación del rango de medición (factor 2, 5, 10, 20 o 40): medición de concentraciones altas (CO hasta 400.000 ppm con factor 40) sin restricciones
- Ideal para el uso en biogás y la medición de SO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S



### Abertura para medición común



### Consejos prácticos



#### Reducción/temperatura mínima del gas de combustión:

- Hay una gota de agua condensada en el termopar  
—> Sujete la sonda horizontalmente o hacia abajo para que el condensado se succione o pueda gotear
- Pérdida de mucho condensado ocasionando que los valores medidos se distorsionen o el instrumento de medición se destruya  
—> Utilización de una preparación de gas en lugar de una trampa de condensados

#### Altas pérdidas de gas de escape poco comunes:

- Calibración errónea del analizador
- Combustible incorrecto ajustado
- La sonda de temperatura del aire de combustión se mide directamente en la instalación

#### Valores bajos en la medición de presión:

- El sensor de presión no se ha puesto correctamente a cero
- El trayecto del tiro en el analizador no es estanco

#### Valores altos en la medición de presión:

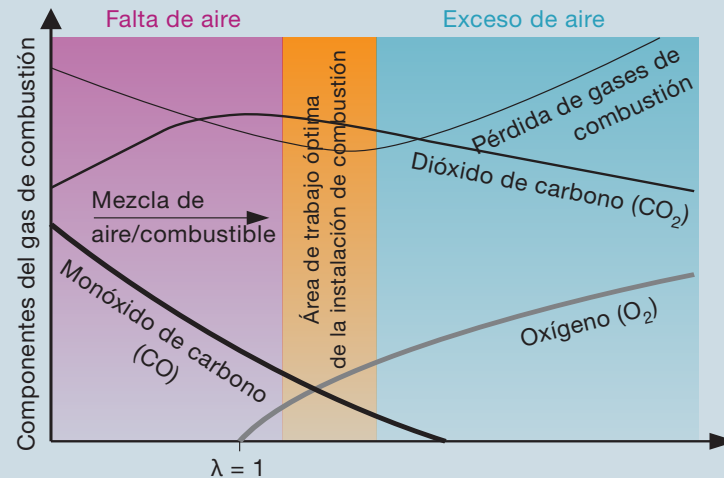
- El sensor de presión no se ha puesto correctamente a cero
- Tiro de la chimenea demasiado fuerte —> Montaje de un regulador para el tiro de la chimenea, abrir y medir la compuerta de limpieza

# Descripción de la aplicación Quemador / Caldera

## Conocimiento teórico 1

### Cálculo de las emisiones mediante el diagrama de combustión

→ Excelente relación entre la cantidad de combustible y aire de combustión (factor lambda  $\lambda$ )



#### El aire de combustión y la humedad influyen en el volumen del gas de combustión:

- El volumen del gas de combustión se diluye, es decir, la concentración relativa de los componentes del gas disminuye
- Para la comparación de resultados con prescripciones o resultados de otras mediciones se requiere el uso de valores de referencia
- Ejemplo: la concentración relativa de  $\text{SO}_2$  oscila entre 0,14 y 0,20% según la humedad y el exceso de aire (consulte la tabla):

	$\text{N}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{SO}_2$	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{O}_2$
estequiométrico / seco	82,6	16	0,20	0	0
estequiométrico / húmedo	74,7	14,4	0,18	10,7	
25 % EA / seco	82,8	12,7	0,16	0	4,4
25 % EA / húmedo	75,6	11,6	0,14	8,7	4

Fig. 1 Valores de referencia

Estequiométrico = Asignación de la cantidad de aire a la cantidad del combustible (durante la combustión se suministra exactamente la cantidad de oxígeno calculada necesaria para una combustión completa)  
EA = Exceso de aire

#### Exceso de aire promedio:

Gas:  $\lambda = 1,05 \dots 1,15$   
Gasóleo para calefacción:  
 $\lambda = 1,1 \dots 1,2$   
(1,21 con un tiro de la chimenea fuerte)

### Exceso de aire (área de trabajo óptima)

#### Desventajas:

- Aprovechamiento mínimo del combustible (residuos no quemados en el gas de combustión)
- Incremento de los valores  $\text{NO}_x$  (óxidos nítricos)
- Pérdidas de energía debido a la dilución con aire frío
- Grado de eficiencia mínimo (se pierde mucho calor)

#### Ventajas:

- + Funcionamiento más seguro
- + El combustible se quema completamente (casi sin hollín)

#### CO (monóxido de carbono):

Con un exceso de aire, el  $\text{O}_2$  se incrementa ya que el oxígeno suministrado no se consume mediante la oxidación por falta de CO. Debido a la cantidad creciente (efecto de dilución), la pérdida de gases de combustión es cada vez mayor.

Tamaño de las partículas del combustible: entre más pequeñas sean las partículas del combustible, más intenso será el contacto con el oxígeno y se requerirá menos exceso de aire.

#### $\text{CO}_2$ (dióxido de carbono):

El  $\text{CO}_2$  disminuye nuevamente, si  $\lambda=1$ , sin embargo, esto no se lleva a cabo debido a una reacción química, sino por el efecto de la dilución debido a la cantidad creciente del aire de combustión que casi no aporta  $\text{CO}_2$ .

### Falta de aire

#### Desventajas:

- El combustible no se quema completamente
- Generación de sustancias perturbantes/tóxicas (p. ej. hollín y CO)
- Disminución del aprovechamiento de energía
- Funcionamiento inseguro hasta ocasionar una desconexión

#### CO (monóxido de carbono):

CO presente → Hace falta oxígeno para la oxidación completa de CO a  $\text{CO}_2$

#### $\text{O}_2$ (oxígeno):

En este rango solo hay poco oxígeno o no es posible medirlo ya que el oxígeno suministrado se consume inmediatamente debido a la oxidación del CO.

#### $\text{CO}_2$ (dióxido de carbono):

Si la concentración de  $\text{O}_2$  aumenta, el CO disminuye debido a la oxidación a  $\text{CO}_2$ . Del mismo modo se incrementa el  $\text{CO}_2$ . Este proceso finaliza, si  $\lambda=1$  o un poco más, el CO tiende a ser cero y el  $\text{CO}_2$  alcanza su nivel máximo.

### Emisión de hollín en los gases de combustión (gasóleo para calefacción)

El hollín (carbono) se genera cuando no todos los componentes del gasóleo para calefacción se queman completamente. Causas:

- Falta de aire durante la combustión debido a una entrada cerrada o bloqueada
- Calderas o quemadores de gran tamaño, calderas con un contenido de agua muy reducido (encendido y apagado frecuente)
- Exceso de combustible, capacidad de combustible demasiado alta del quemador para el tamaño de la caldera
- Característica de pulverizado mala/ángulo de pulverización erróneo de la tobera (especialmente en quemadores antiguos sin precalentamiento del gasóleo para calefacción)

- Duración prolongada del quemador, incremento de la temperatura de los gases de combustión
- Fallos en la combustión debido a filtros de gasóleo taponados, gotas de agua en el gasóleo para calefacción, errores durante el precalentamiento del gasóleo, aire en la alimentación de gasóleo o en el filtro, componentes muy resistentes en el gasóleo (envejecimiento), propiedades oscilantes del gasóleo para calefacción

→ Alto grado de eficiencia: Temperatura de los gases de combustión lo más baja posible (una capa de hollín de 1 mm aumenta la temperatura de los gases de combustión aprox. 50 grados → Demanda adicional de energía de aprox. 2,5 ... 3%).

## Descripción de la aplicación Quemador / Caldera

### Conocimiento teórico 2

#### Uso de quemadores e instalaciones de caldera en la práctica

##### Calefacciones de edificios públicos

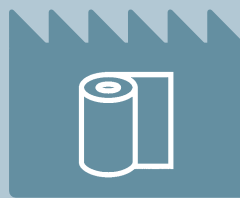


**Dónde:** Hospital, universidad, museo, escuelas, estadio de fútbol...

**Utilidad:** Calefacción, ventilación, agua caliente

**Rango de potencia:** aprox. 10 - 1.600 KW

##### Vapor sobrecalentado Fábricas de papel



**Dónde:** Fábricas de papel

**Utilidad:** Generación de vapor y agua caliente

**Rango de potencia:** aprox. 150 - 6.000 KW

##### Calefacción Greenhouse

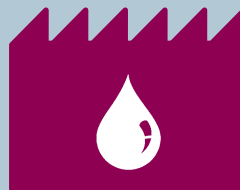


**Dónde:** Greenhouse

**Utilidad:** Sistema de apoyo para una planta de cogeneración, alimentación de calor y CO<sub>2</sub>

**Rango de potencia:** aprox. 300 - 1.000 KW

##### Vapor sobrecalentado Explotación petrolífera



**Dónde:** Explotación petrolífera

**Utilidad:** Generación de vapor y agua caliente

**Rango de potencia:** aprox. 500 - 7.500 KW

#### Diferencias entre el conducto del gas de medición y la sonda calentables y no calentables

##### Conducto del gas de medición y sonda calentables

	Ventajas	Desventajas
<b>Sonda de combustión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Contaminación reducida y menos acumulación de partículas de polvo</li> <li>+ Reducción de los gradientes de temperatura y la condensación con grandes diferencias entre la temperatura de los gases de combustión y el entorno</li> <li>+ Sin efectos de hollín en el tubo de la sonda debido al condensado ya que la temperatura de calefacción está por encima del punto de rocío de los gases de combustión</li> <li>+ Efectos mínimos de corrosión</li> <li>+ Ideal para mediciones de larga duración en el rango de &gt; 1 día hasta algunos meses</li> <li>+ Mayor exactitud durante mediciones de larga duración de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentación eléctrica necesaria</li> <li>- El tamaño y peso de la sonda dificultan el manejo en el lugar de medición y durante el transporte</li> <li>- La medición de la temperatura de los gases de combustión se ve afectada por la sonda calentada</li> </ul>
<b>Conductos del gas de medición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Contaminación reducida y menos acumulación de partículas de polvo</li> <li>+ Ideal para mediciones de larga duración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentación eléctrica necesaria</li> <li>- El peso elevado dificulta el manejo en el lugar de medición y durante el transporte</li> </ul>

##### Conducto del gas de medición y sonda no calentables

	Ventajas	Desventajas
<b>Sonda de combustión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Mediciones rápidas y cómodas de corta duración</li> <li>+ No se requiere alimentación eléctrica</li> <li>+ Medición exacta de la temperatura de los gases de combustión, sin distorsiones debido al calor de la sonda calentable</li> <li>+ Fácil manejo en el lugar de medición y durante el transporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suciedad más intensa durante mediciones de larga duración y uso frecuente</li> <li>- Efectos de corrosión más intensos ya que en el área de la sonda por fuera de la abertura para medición se forma condensado</li> <li>- Efectos de absorción de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> más fuertes en mediciones de larga duración, si la sonda no se limpia frecuentemente</li> </ul>
<b>Conductos del gas de medición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Posibles mediciones de corta duración rápidas y cómodas</li> <li>+ No se requiere alimentación eléctrica</li> <li>+ Fácil manejo durante la medición y el transporte</li> <li>+ Posibilidad de extensión fácil del conducto</li> <li>+ Tiempos de respuesta rápidos de los parámetros de medición de los gases gracias a un volumen muerto bien reducido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sedimentaciones más intensas en el conducto de gas de medición, especialmente durante mediciones de larga duración y uso frecuente</li> <li>- Efectos de absorción de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> más fuertes, si el conducto de gas de medición está sucio tras un funcionamiento prolongado</li> </ul>