

Quemadores: ahorro energético y control de la combustión

Pablo Garrido
Responsable marca monarch® Weishaupt
Director Operaciones Sedical

Combustión eficiente

Quemadores digitales

Control de O₂

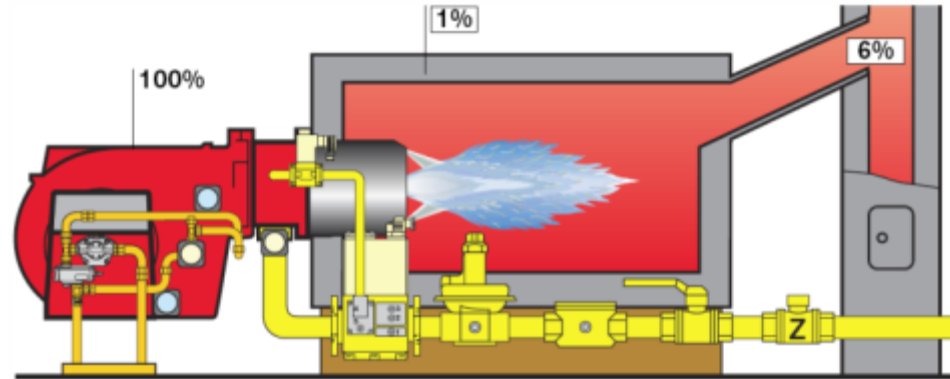
Variación de velocidad

Precalentamiento de aire

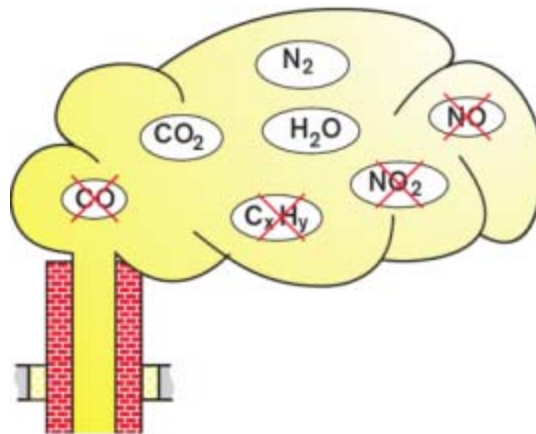
Reducción NO_x

COMBUSTIÓN: Equilibrio rendimiento / emisiones

Rendimiento óptimo:

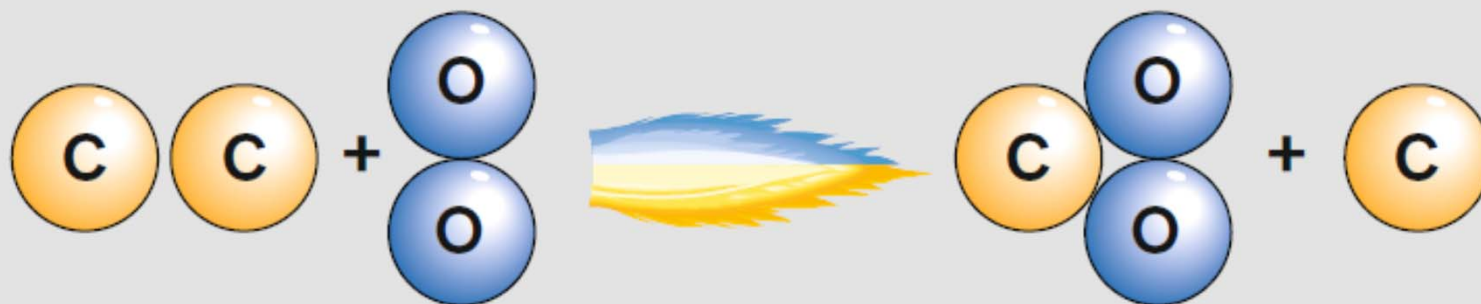
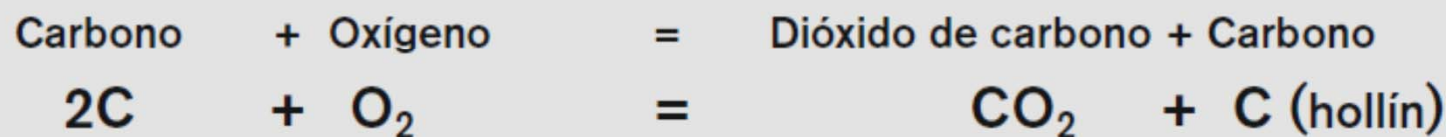
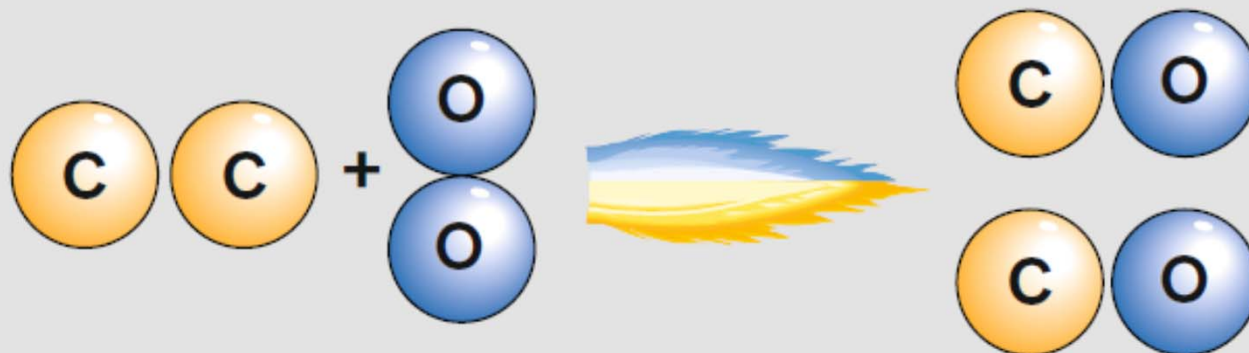
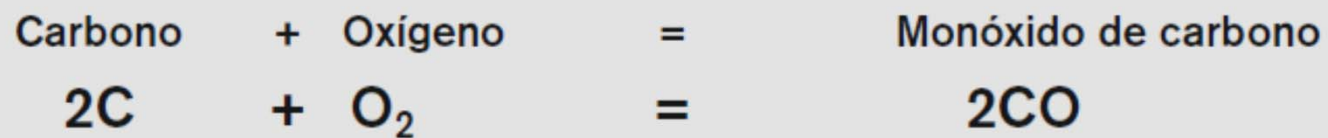


Mínimas emisiones:



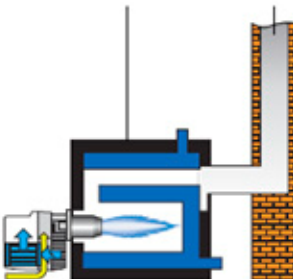
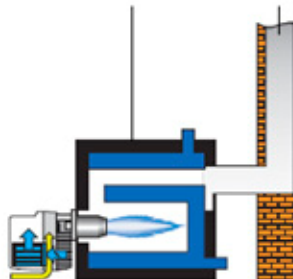
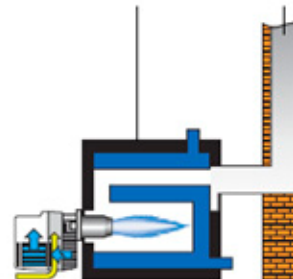
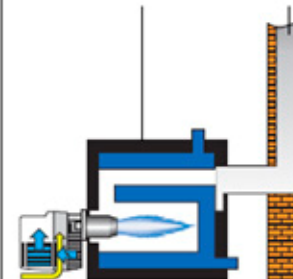
Control de la mezcla aire – combustible:

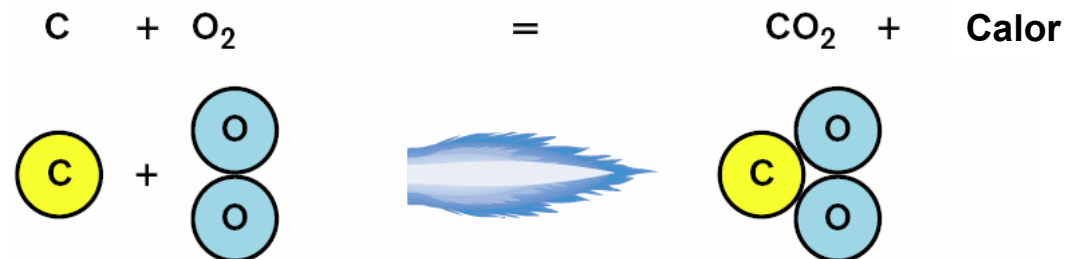
Mantener el equilibrio entre rendimiento y contaminación

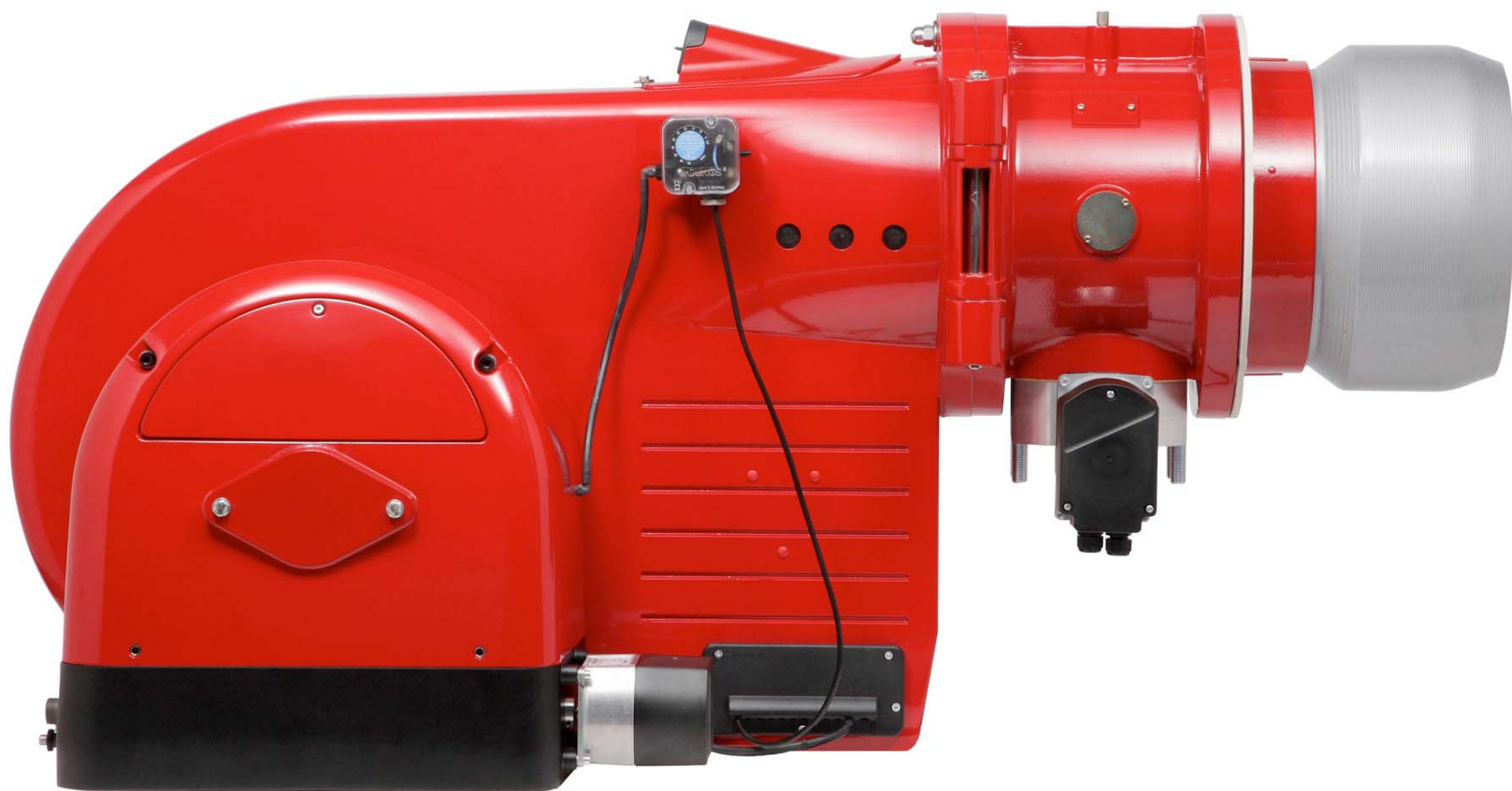


COMBUSTIÓN:
 conceptos
 generales

COMBUSTIÓN: ajustes

	<div> <div>CO₂ 6%</div> <div>O₂ 10.3%</div> </div>	<div> <div>CO₂ 10%</div> <div>O₂ 3.2%</div> </div>	<div> <div>CO₂ 11%</div> <div>O₂ 1.4%</div> </div>	<div> <div>CO₂ 11.5%</div> <div>O₂ 0.5%</div> </div>
Contenido CO	CO- ca 0.005 %	CO- 0%	CO- 0%	CO- ca 0.3%
Rendimiento	<div>90% 10%</div> 	<div>91.6% 8.4%</div> 	<div>94% 6%</div> 	<div>94.2% 5.8%</div> 
Comentarios	Bajo rendimiento	Alto rendimiento sin CO	Muy poco exceso de aire	Excesivo contenido de CO

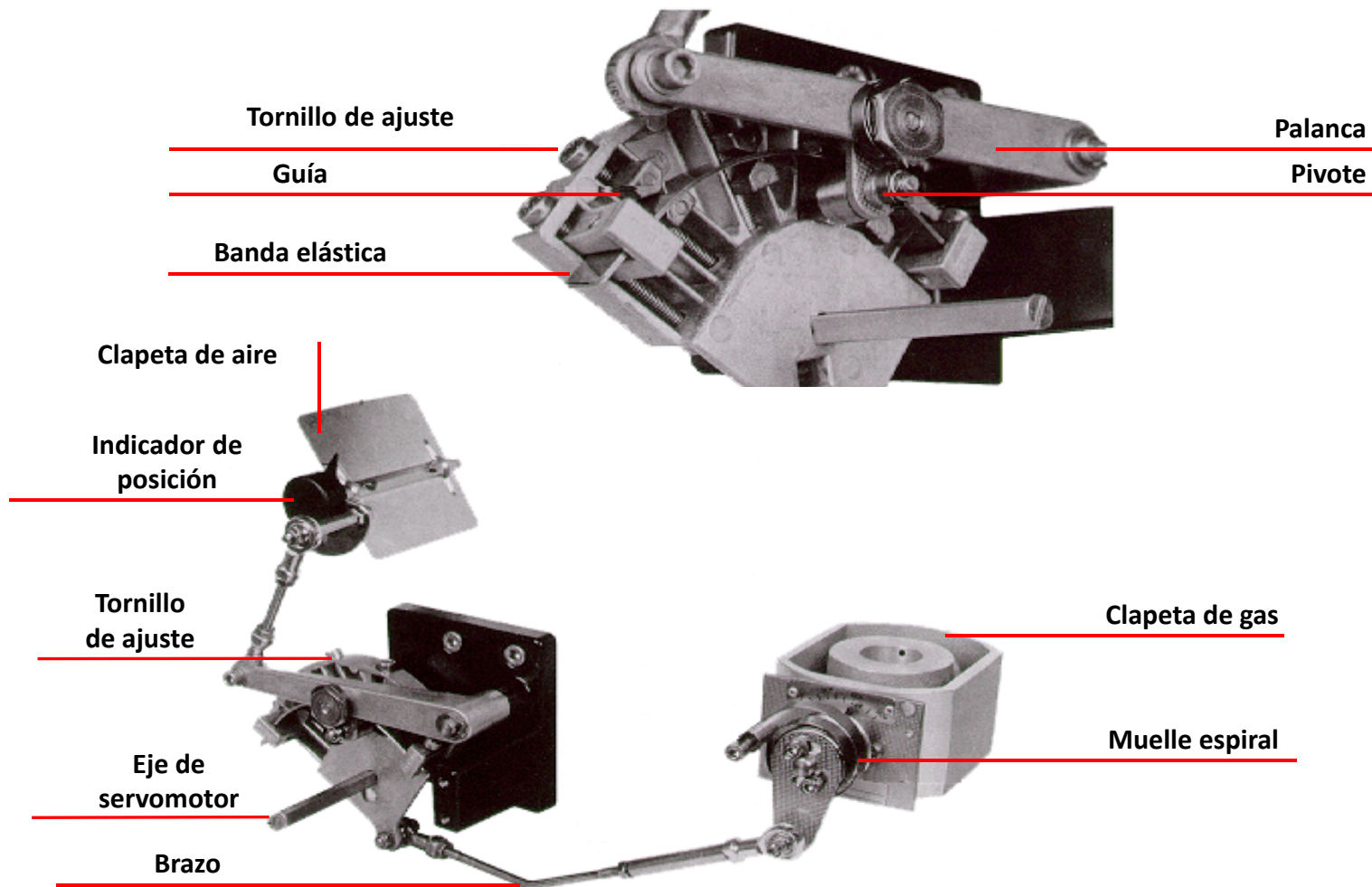








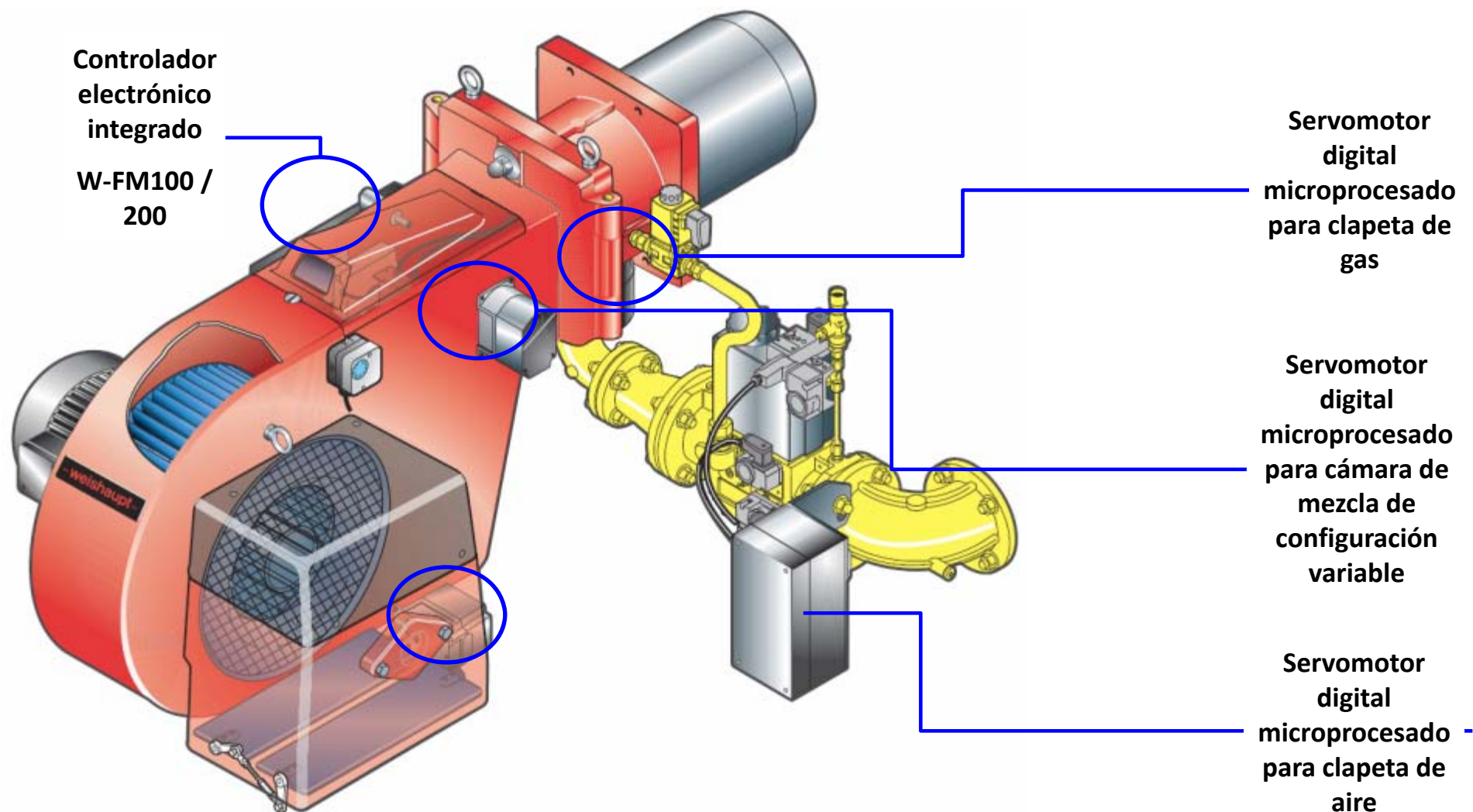
Control mecánico



Control mecánico de mezcla: Un servomotor acciona varios elementos de regulación de caudal

Holguras
Histéresis mecánica
Sin “memoria”

Quemadores digitales: control electrónico



Control de la mezcla (1 servomotor para cada elemento de ajuste)

Sedical
Técnica para el ahorro de energía

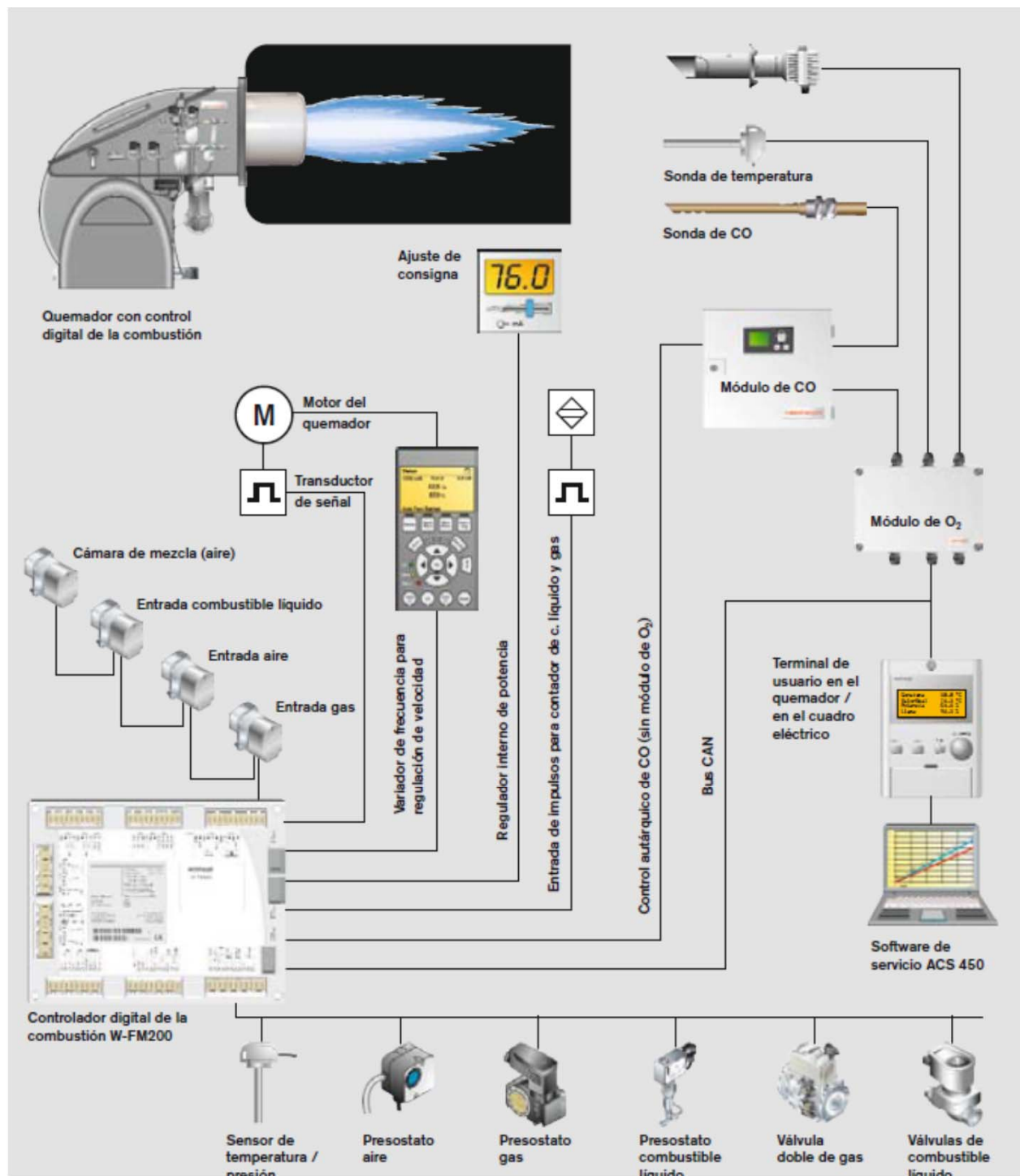
-weishaupt-

Quemadores digitales: terminal de operador



Terminal de operador ABE

- Display de 4 líneas, con textos claros, diversos idiomas
- Todas las funciones necesarias para que el usuario controle el quemador (Marcha/Paro, consignas, cambio combustible, etc.)
- Todas las funciones para que el técnico ponga el quemador en marcha (acceso contraseña, parámetros de ajuste, de regulación de potencia, etc.)
- Información de averías: código, fecha y hora, texto, etc.
- Montaje en quemador o separado (100 metros)
- Memoria independiente imborrable para copia de datos
- Puertos de comunicaciones (serie, eBus, ModBus) para integración (Modbus, Profibus-DP) en G.T.C.

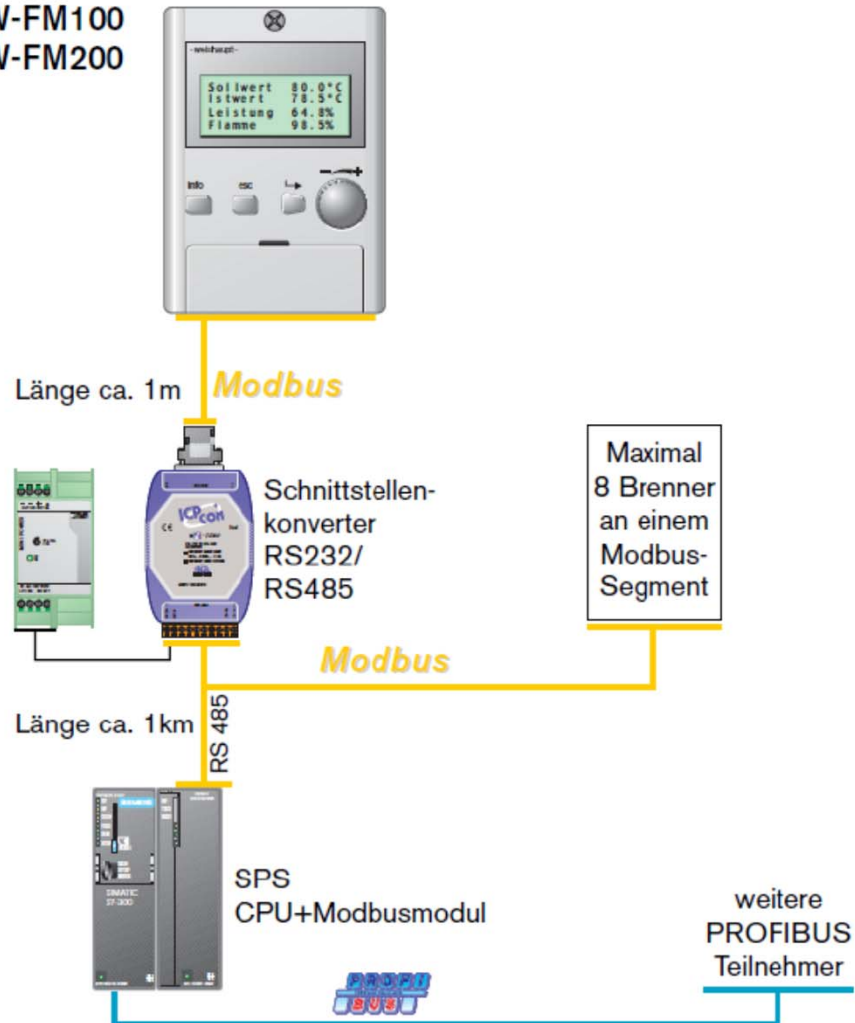


Quemadores digitales: posibilidades de control

Modbus a Profibus-DP

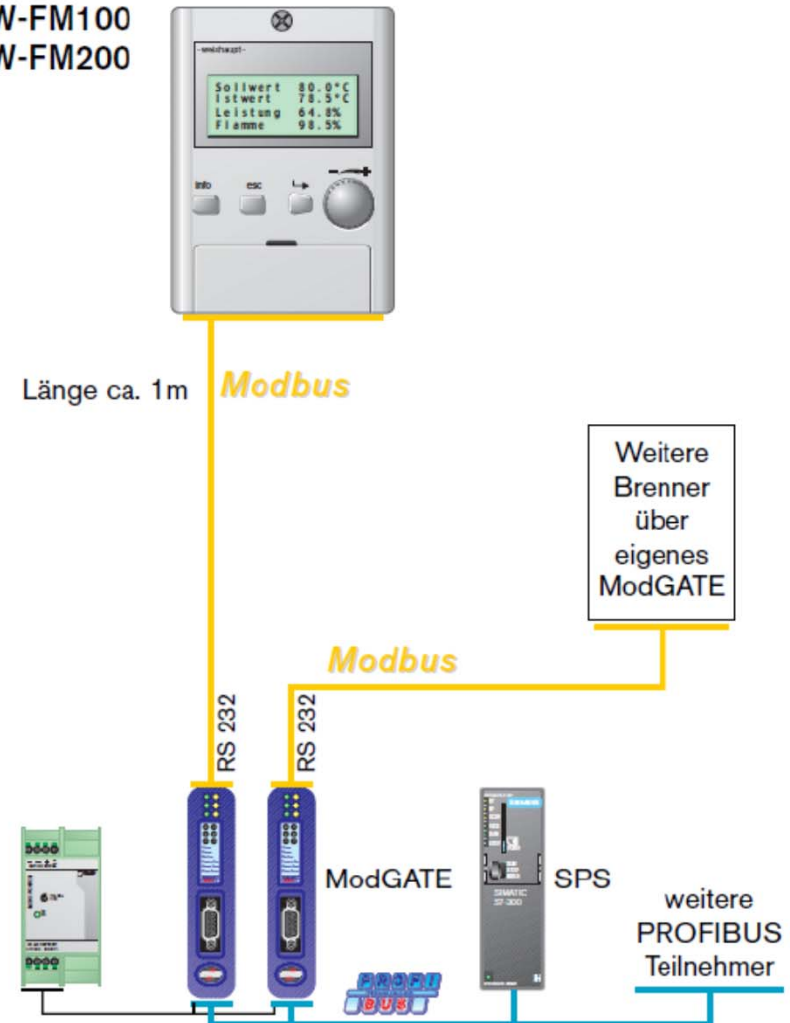
directo a PLC

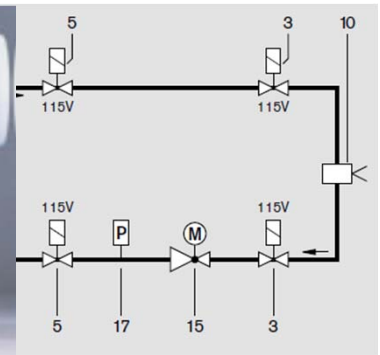
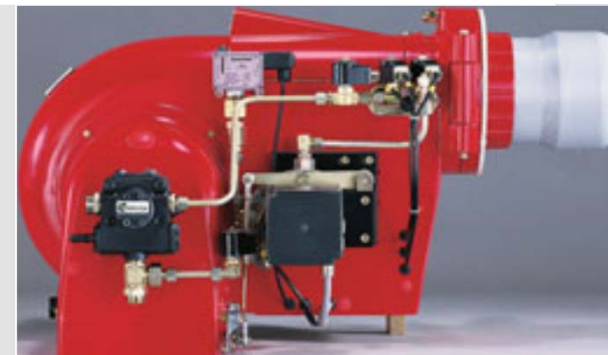
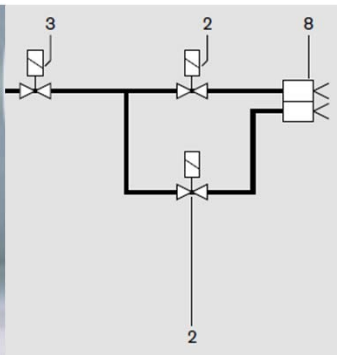
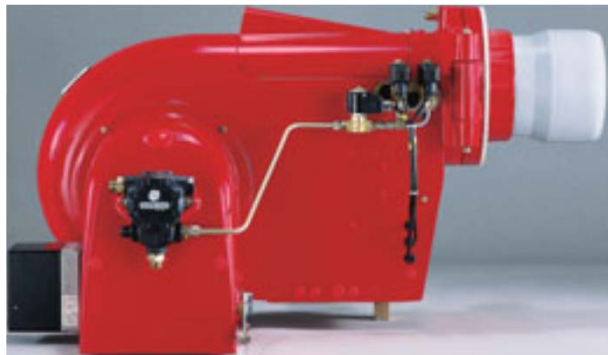
W-FM100
W-FM200



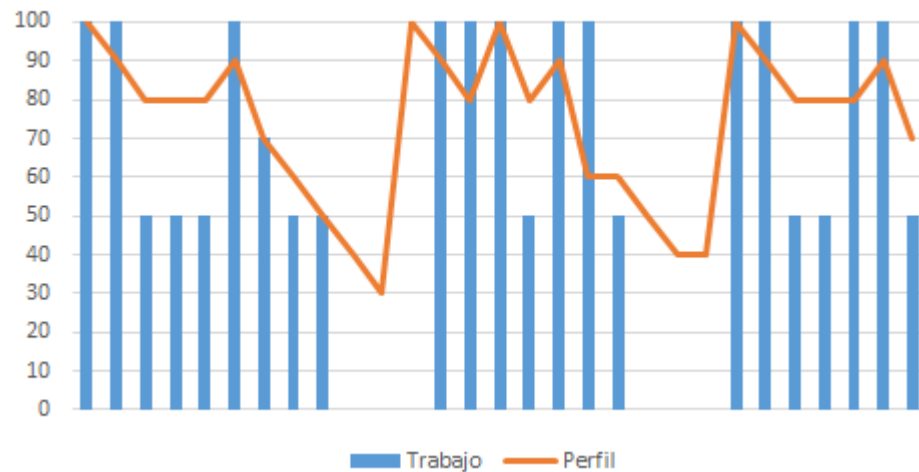
vía Interfaz ModGATE

W-FM100
W-FM200

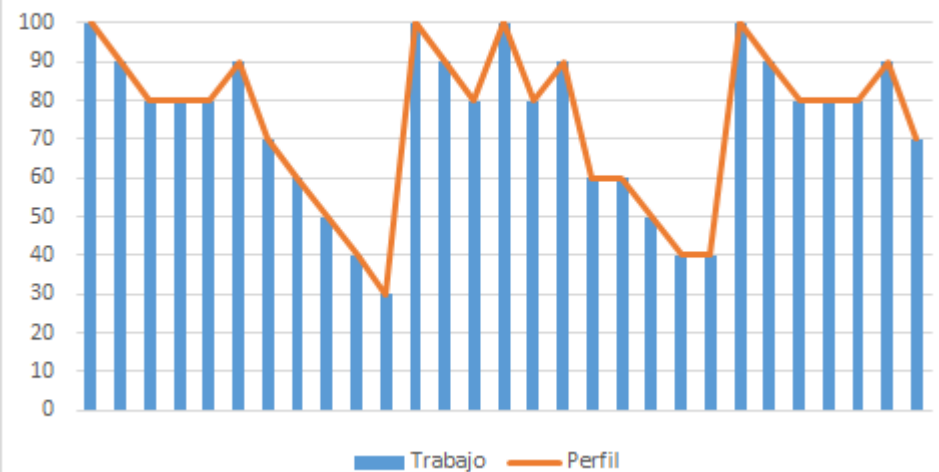




Marchas



Modulación



Cambio de quemador **a modulante**

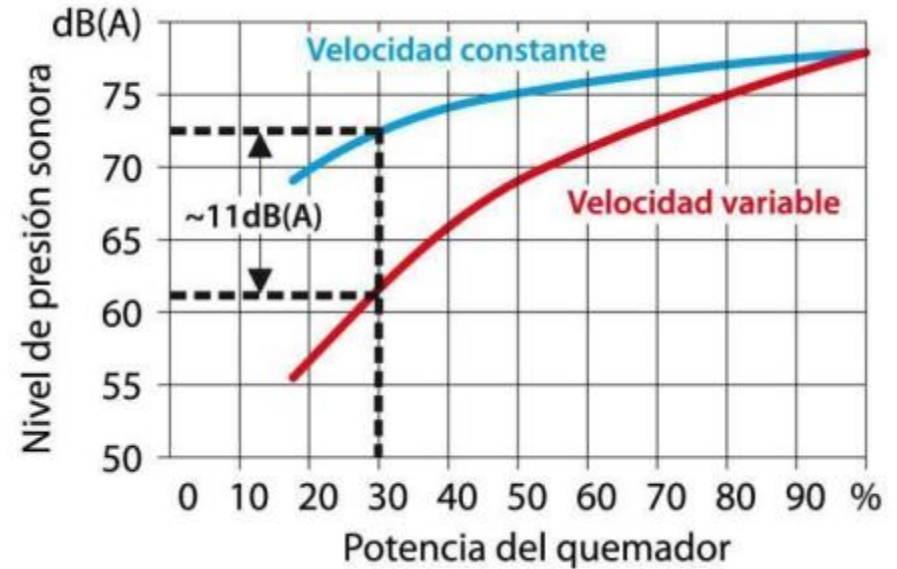
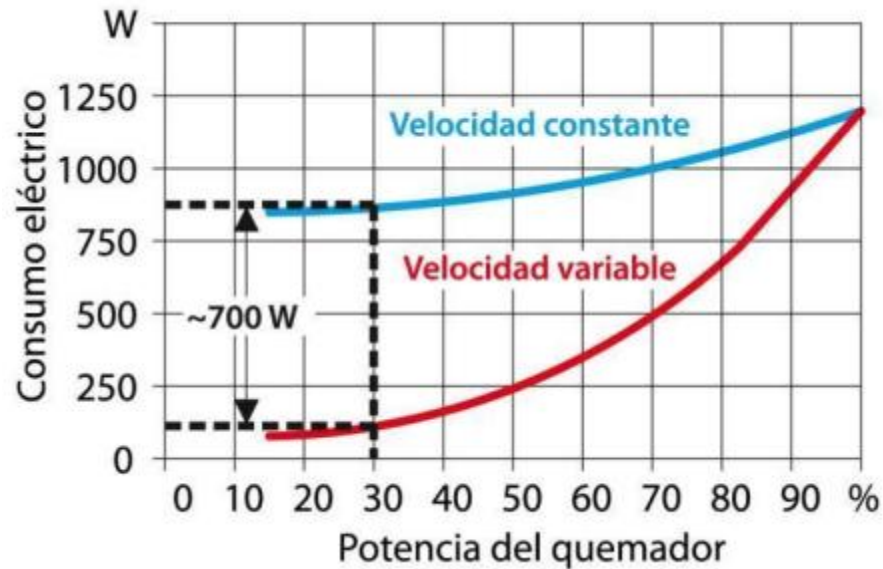
Hasta un **10 % de ahorro**



Variación de velocidad

Ahorro de energía, reducción
ruidos, reducción emisiones

Variación de velocidad: ahorros

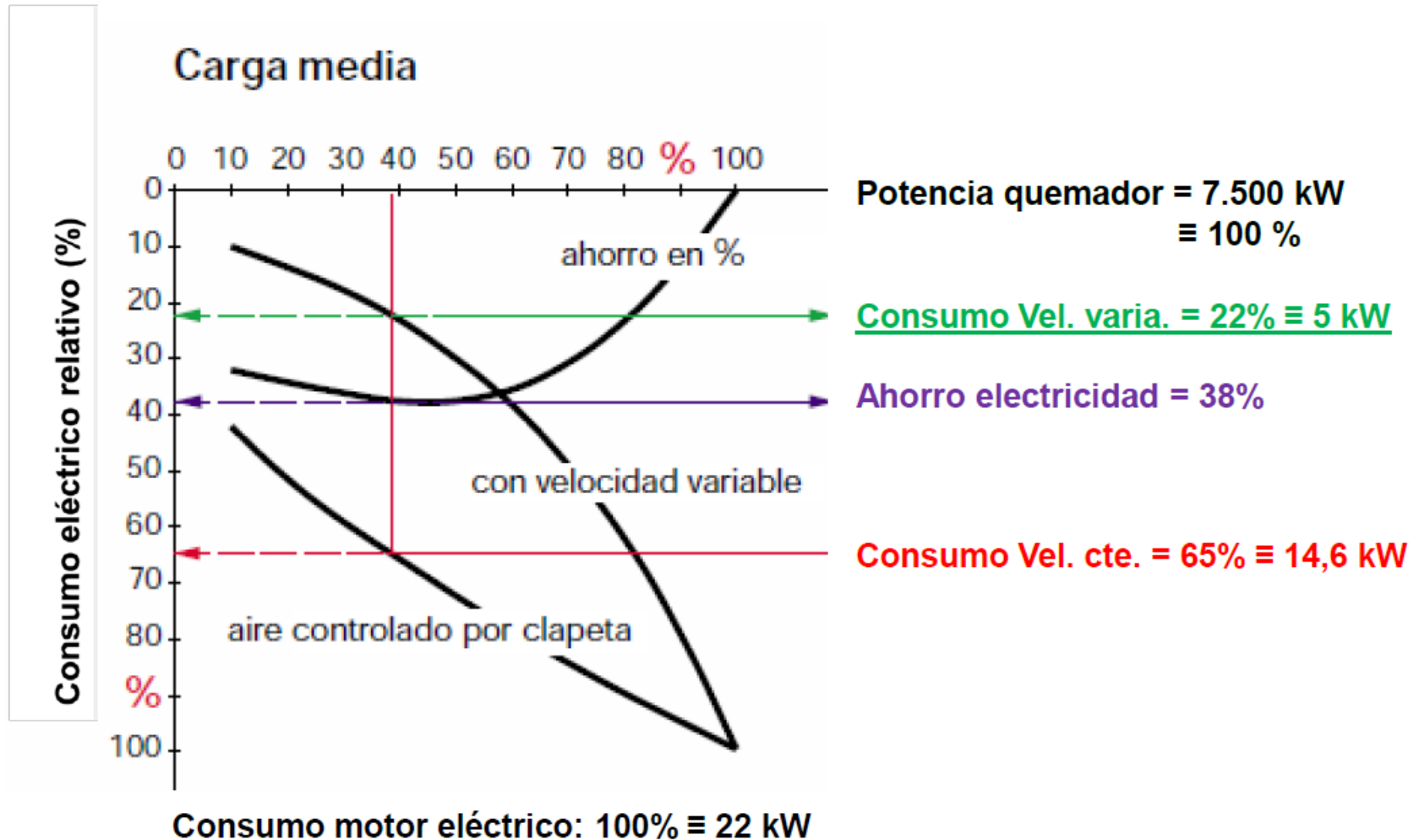


Control de velocidad

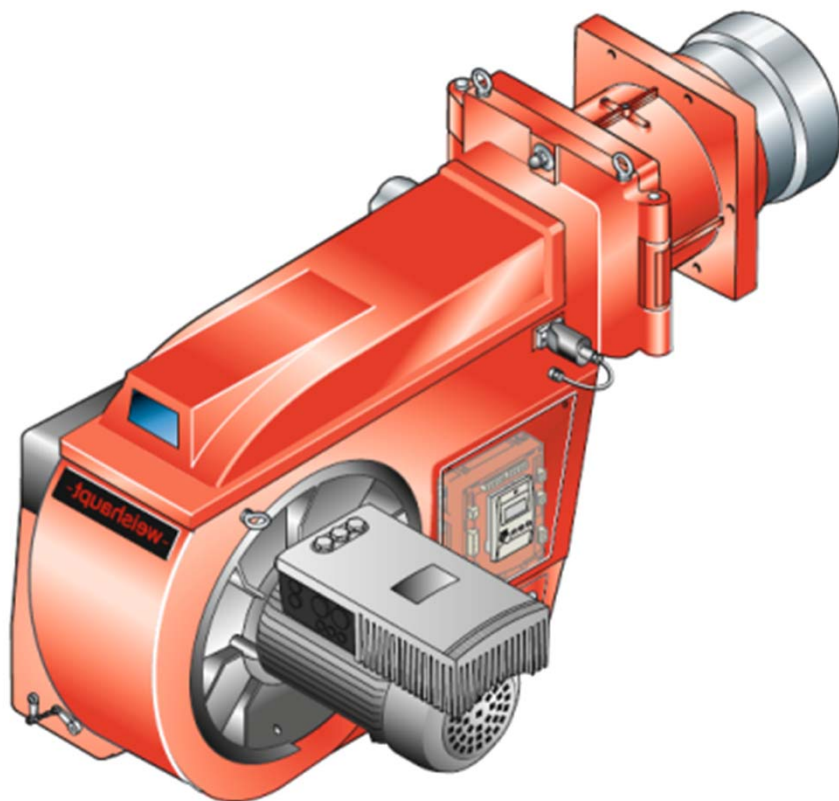
Drástica reducción del consumo eléctrico a potencias parciales

Reducción del nivel sonoro, el ventilador mueve sólo el caudal de aire realmente necesario

Variación de velocidad: ejemplo práctico



Variación de velocidad: opciones variadores



- IP20: para montar en cuadro eléctrico.

- IP54

- Incorporado en motor:

Cableado

Programado en fábrica

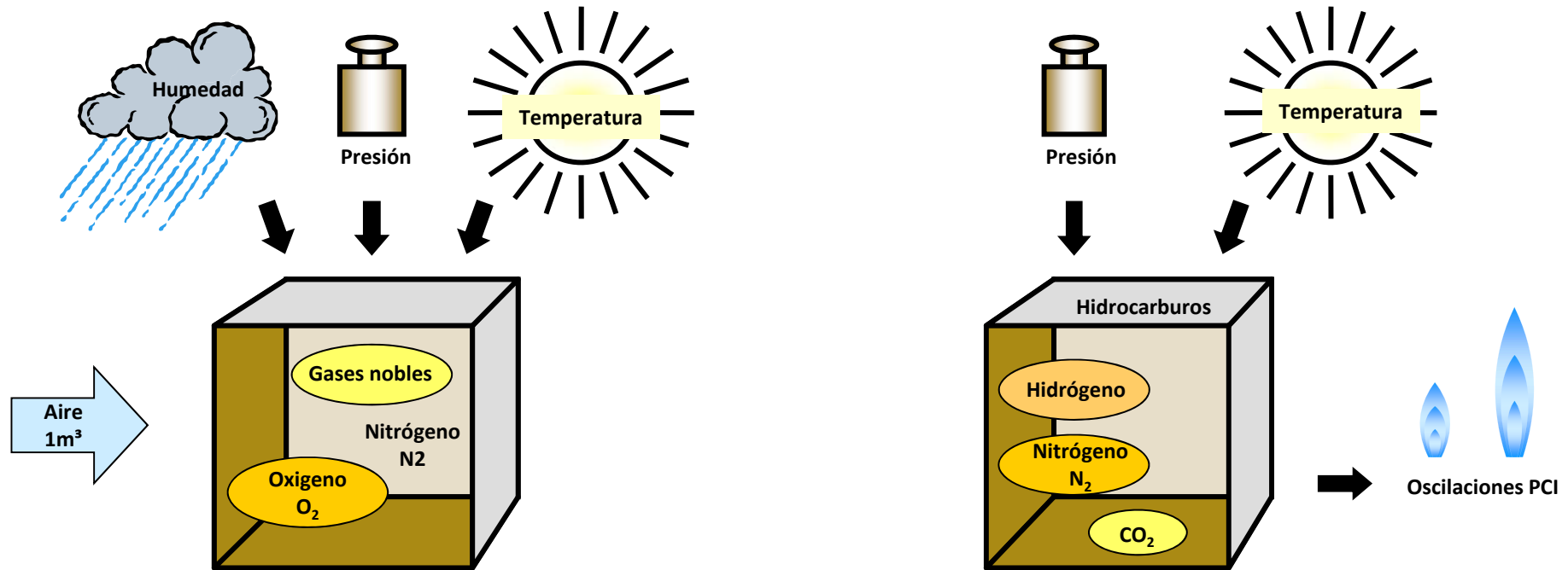
Revisado su funcionamiento junto con el quemador

Control de O₂ en continuo

Ahorro de energía, seguridad,
reducción de emisiones



Control de O₂ en continuo: por qué?



Compensar automáticamente las variables que influyen en mezcla aire/combustible

Efectos sobre el aire:

0,5% - O₂ por 10 K temperatura de aire

0,2% - O₂ por 10 mbar presión de aire

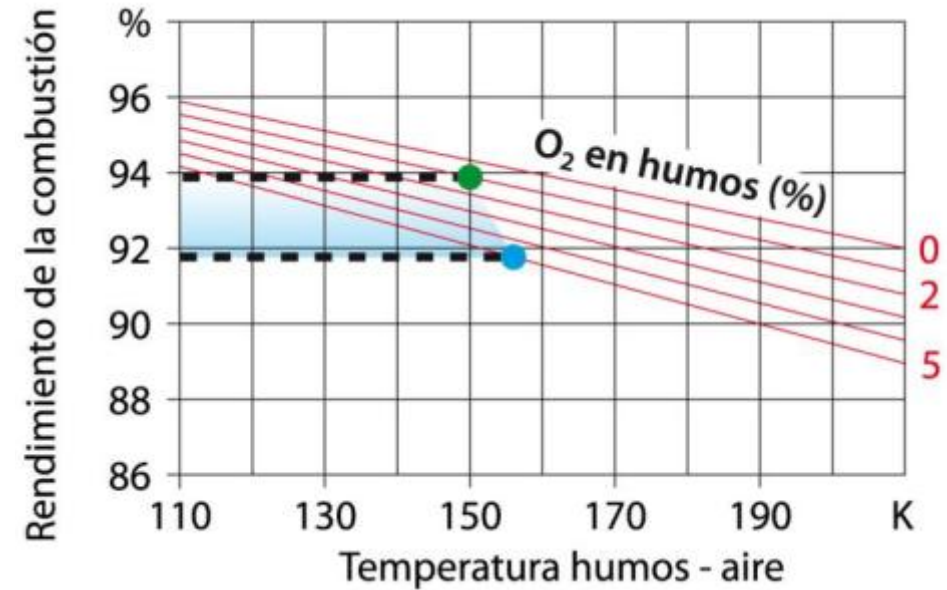
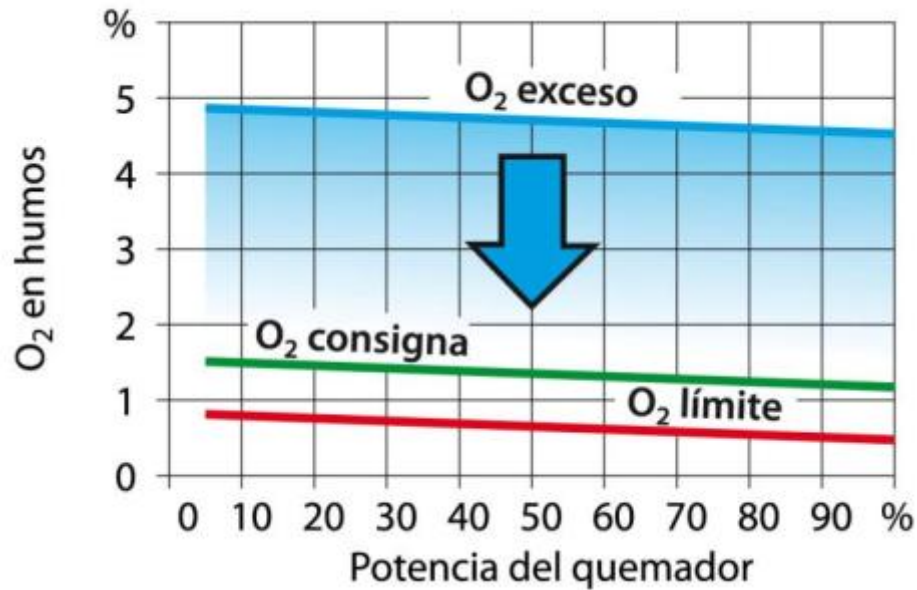
0,4% - O₂ por 2% de contenido de agua en aire

Efectos sobre el combustible:

1,5% - O₂ por 7,5%-PCI

7% pot. quemador por 10% presión de gas

Control de O₂ en continuo: ahorros



Control de O₂ en continuo

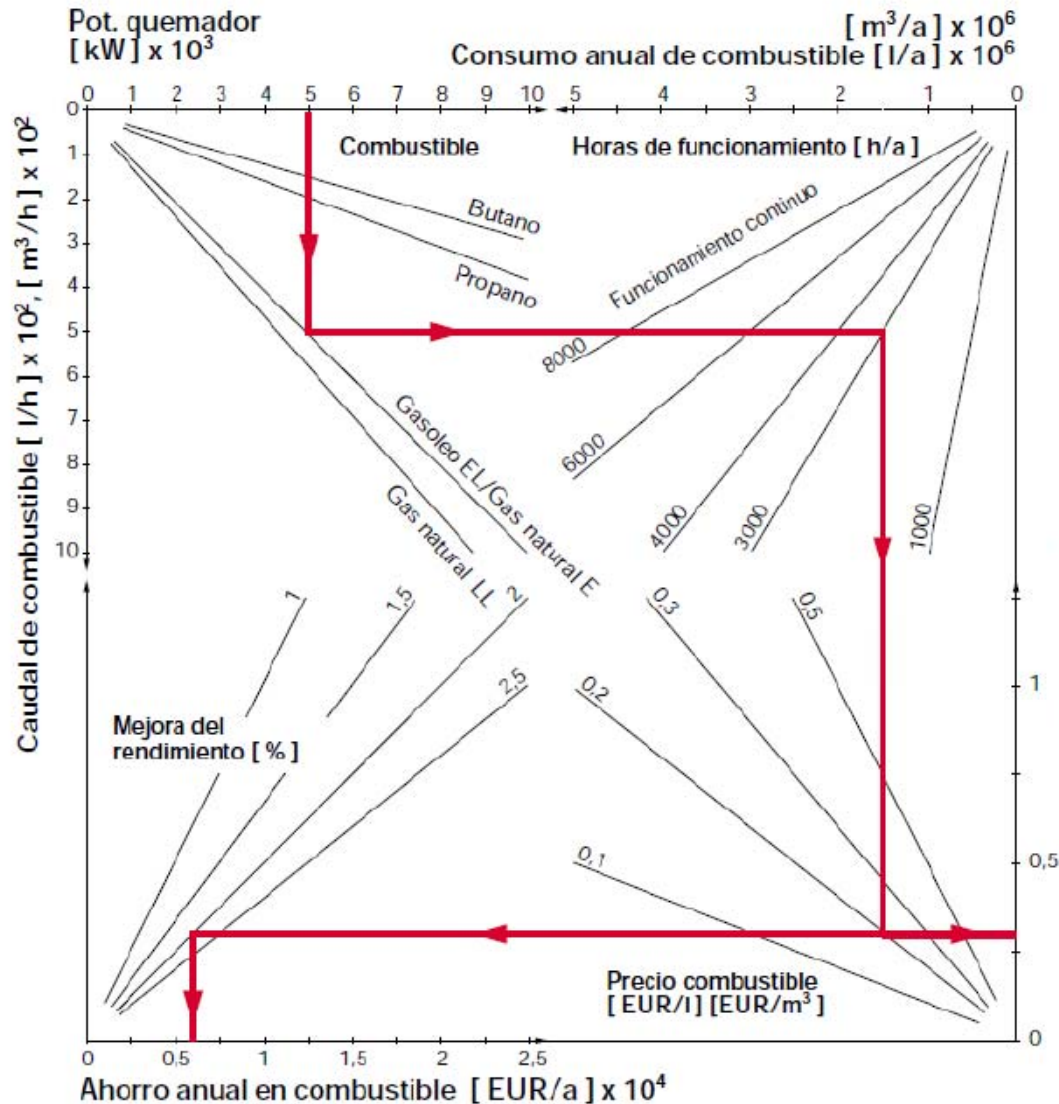
Reducción del exceso de oxígeno en humos

Reducción de la temperatura de humos

Mejora del rendimiento en hasta 3%

$$\eta = 100 - (t_{humos} - t_{aire}) * \left(\frac{A_2}{21 - O_2} + B \right)$$

Control de O₂ en continuo: ejemplo práctico



Potencia quemador = 5.000 kW

Funcionando 3.000 horas/año

Consumo = 1,5 Mio-Nm³/año

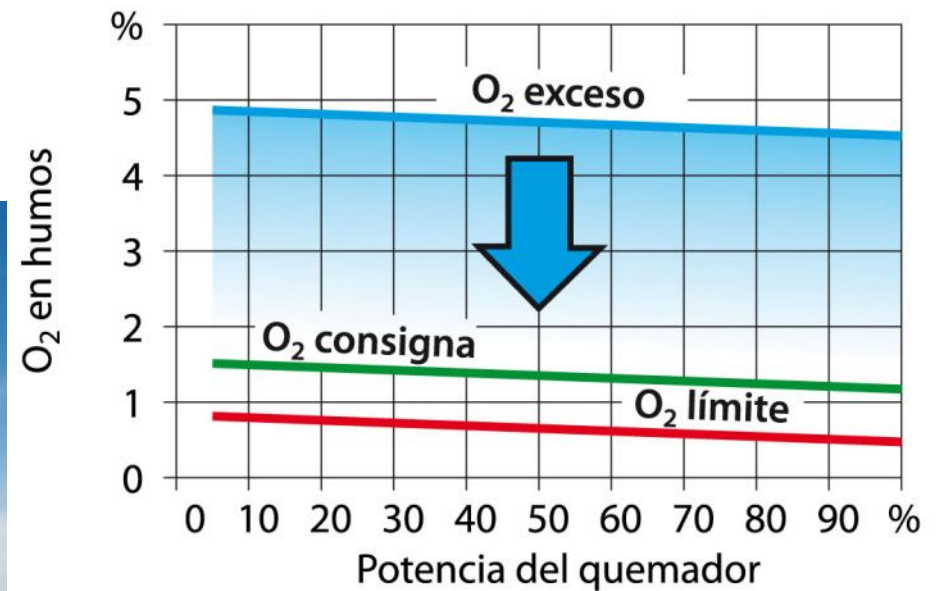
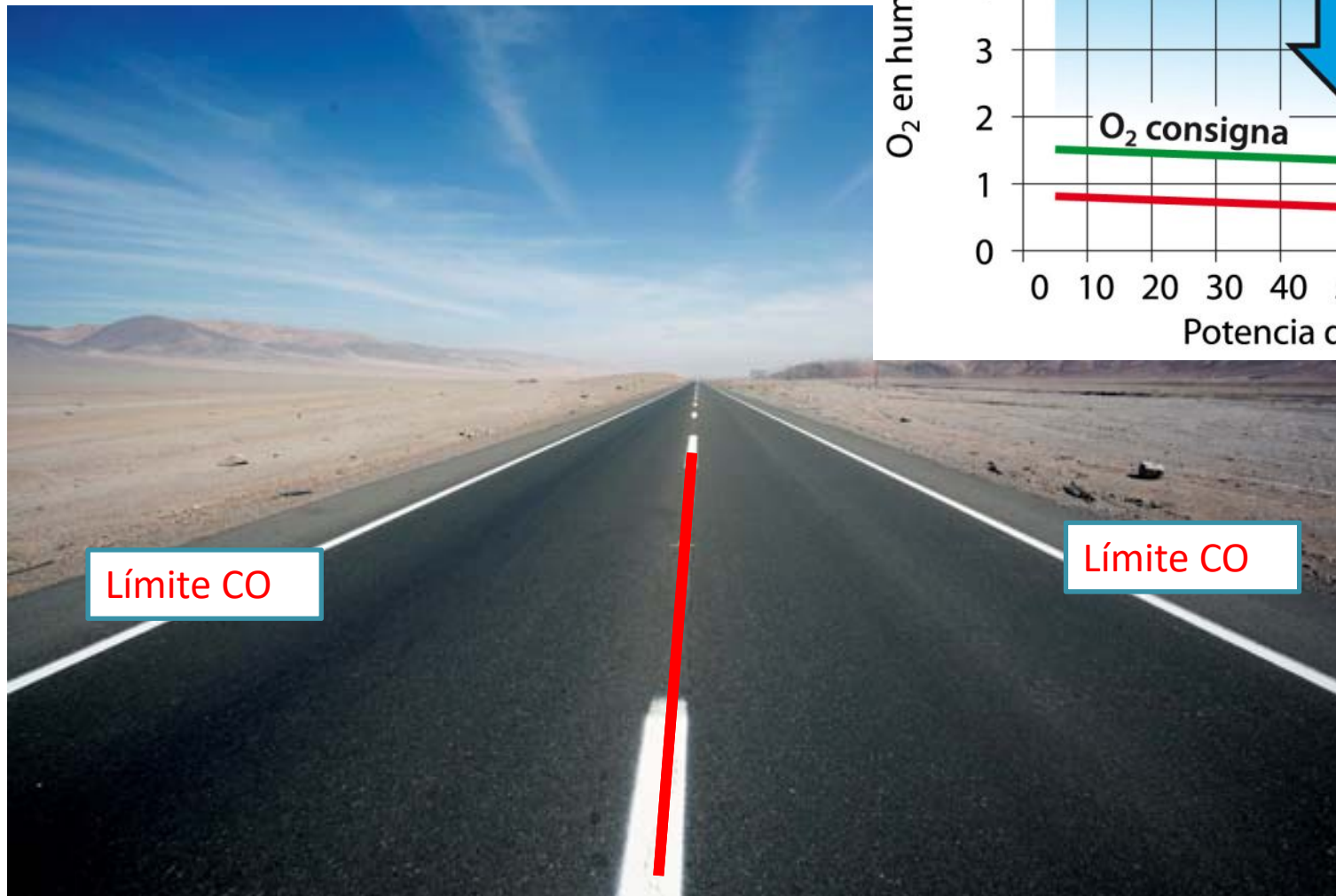
Mejora rendimiento = 2%

**Ahorro CO₂ atmósfera =
= 53 tonCO₂/año**

**Ahorro anual de combustible =
= 6.000EUR**

Control de O₂ en continuo: cómo?

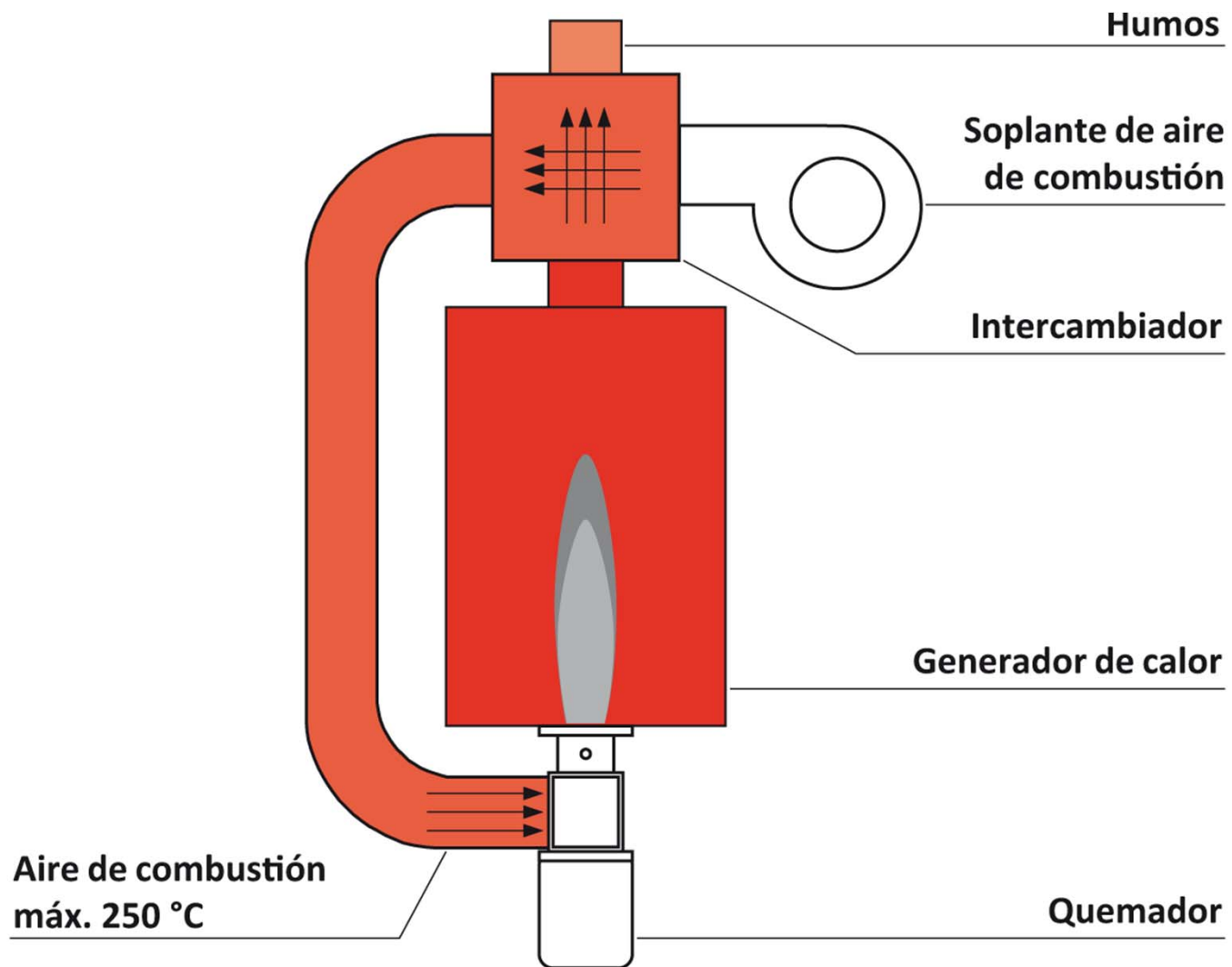
Sonda de O₂ – Módulo O₂ – W-FM200



Límite CO

Definido por un técnico en la puesta en marcha

Precalentamiento de aire



Recuperadores de placas (Producto)

- El plegado de los cantos es siempre un plegado doble que permite alcanzar un alto grado de hermeticidad. Ver figura 14.
- La distancia de laminas se logra por estampación o por el uso de perfiles ondulados entre las laminas. Ver figura 15.



Figura 14: Plegado doble de los cantos

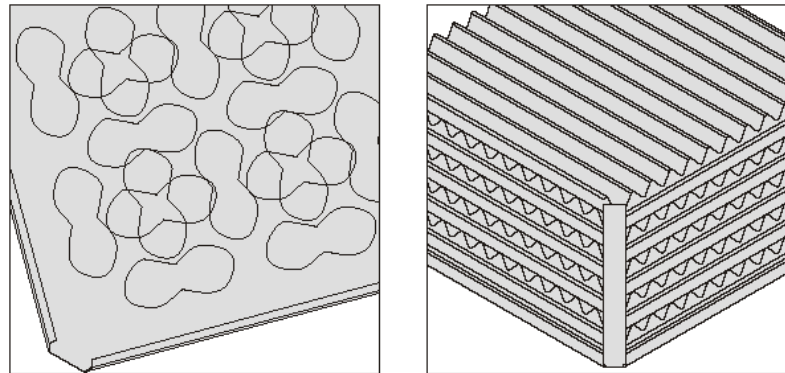


Figura 15: Formas de construcción de la distancia de laminas, estampado y perfiles ondulados

Recuperador de acero inoxidable

- Temperaturas hasta 330 °C
- Inalterable a la corrosión por los gases, a agentes corrosivos en el aire de extracción o a diferencias de presión elevadas.
- Se suministra con perfiles ondulados.
- Tamaño extremadamente reducido

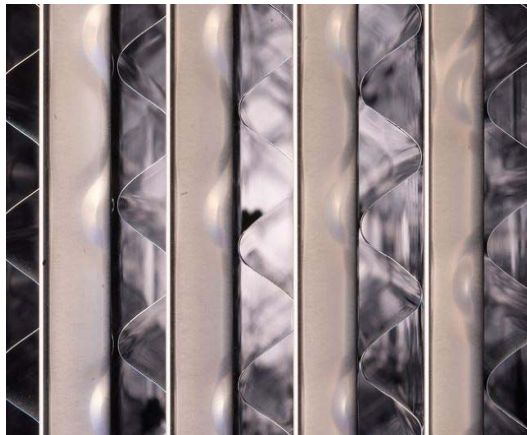


Figura 18: Recuperador de placas de flujos cruzados de aluminio.

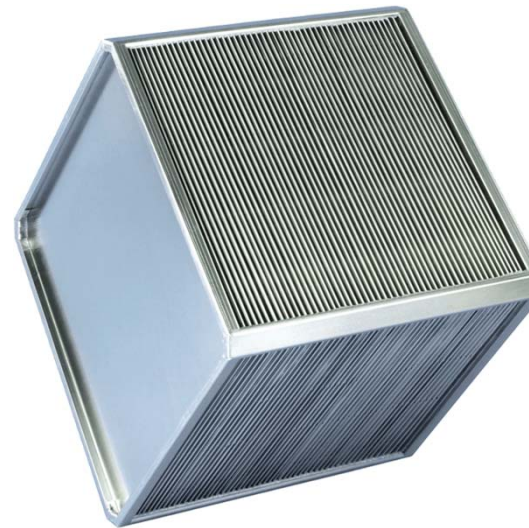
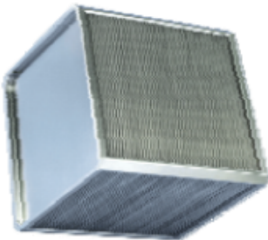
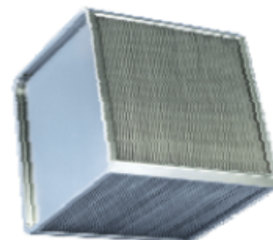
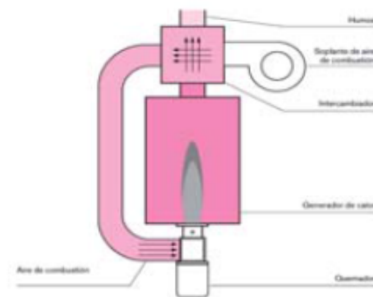


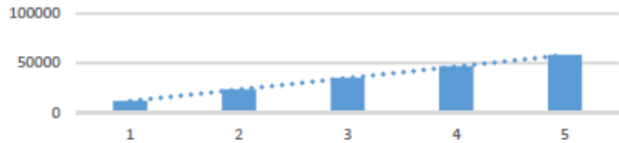
Figura 17: Recuperador de placas de flujos cruzados de aluminio.

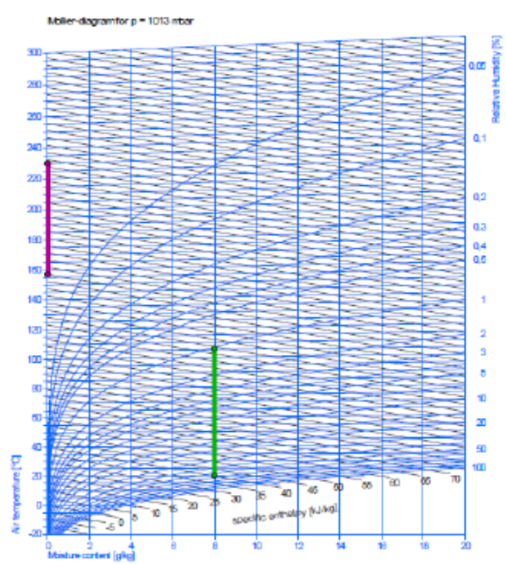
DATOS GENERALES						
Cliente						
Proyecto	CALDERA					
Combustible	GAS NATURAL					
Poder calorifico inferior	kWh/Nm3	10,35				
Temperatura ambiente	ºC	25				
Humedad relativa ambiente	%	65	Consumo año gas**	Nm3	888889	
Indice de exceso de aire	l	1,2	Precio Nm3 gas	€/Nm3	0,34	
Potencia combustion	kW	5.435	Potencia Generador	kW	5.000	
Temperatura Humos	ºC	240				



PARAMETROS DE CALCULO Y SELECCIÓN RECUPERADOR				
Temperatura ambiente	°C	25		
Humedad relativa ambiente	%	65		
Caudal aire combustion	Nm3/h	5701		
Temperatura de humos	°C	240		
Humedad relativa humos	%	0,06		
Caudal de humos	Nm3/h	6.767		

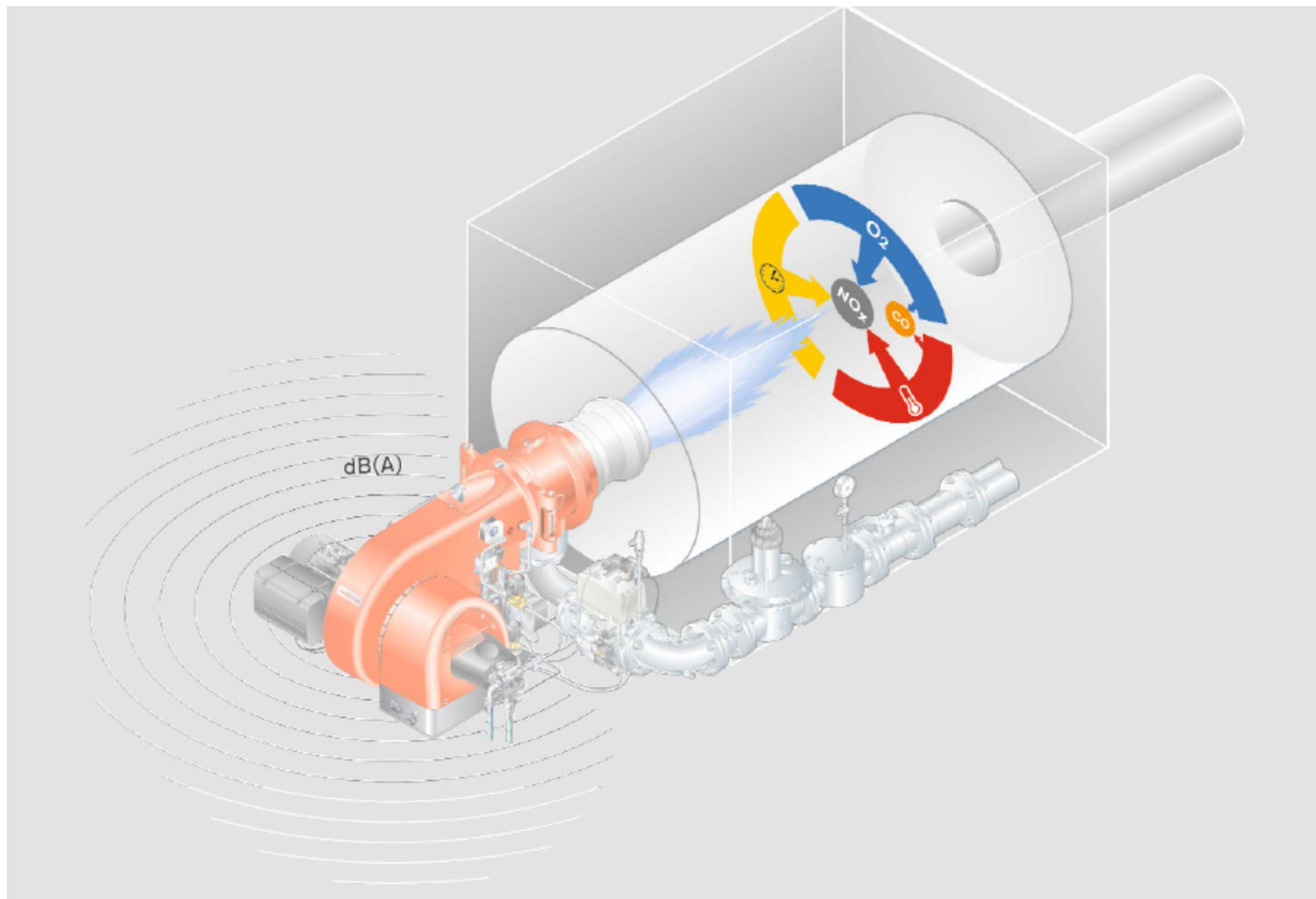


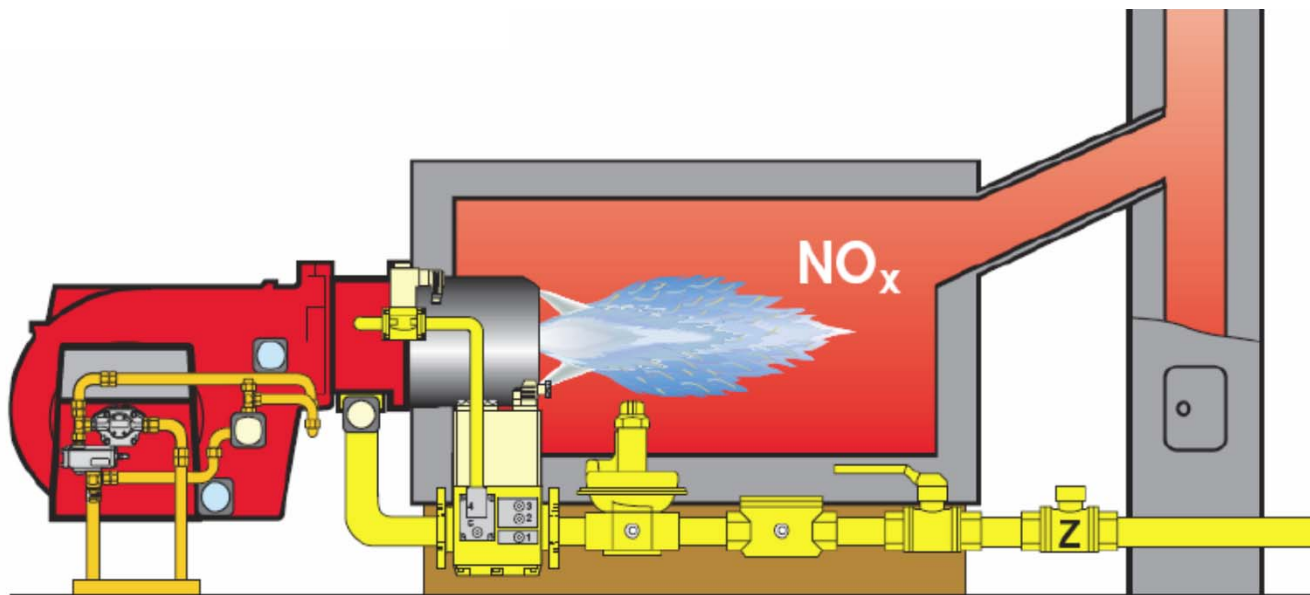
RESULTANTE DE INTERCAMBIO TERMICO EN RECUPERADOR					
Temperatura aire precalentado	°C	133			
Mejora rendimiento combustion	%	3,85			
Potencia recuperada	kW	209			
Energia anual recuperada	kWh/año	354.151			
Reduccion anual combustible	Nm3	34.217			
		Ahorro anual	€	11.634	

DATOS RECUPERADOR DE CALOR			
Modelo	PWT 1000/1000 8W		
Rendimiento	%	54%	
Perdidas de carga lado aire	Pa	80	
Perdidas de carga lado humos	Pa	145	
Potencia recuperada	kW	254	
Dimensiones			
Alto	mm	1000	
Ancho	mm	1000	
Largo	mm	1000	
Peso	kg	291	
Material		AISI 304	
Temperatura maxima	°C	300	
PRECIO NETO PWT 1000/1000 8W	€	8000	
RETORNO INVERSION	meses	8,25	

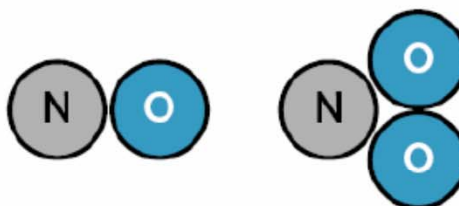
Resumen

- Quemador digital modulante
- Variación de velocidad
- Control de O₂ en continuo
- Precalentamiento de aire





NO_x : suma de NO y NO_2



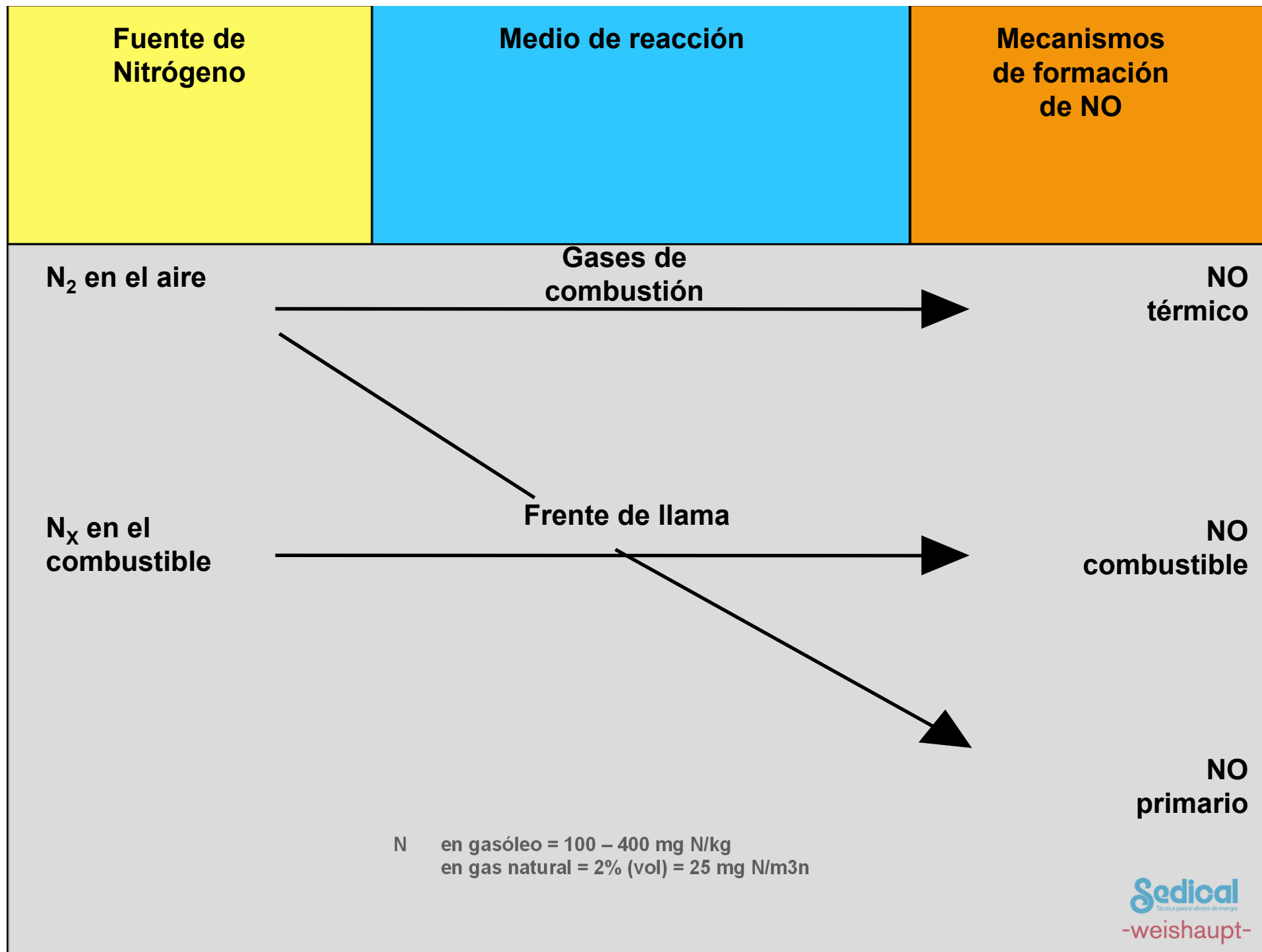
Combustión: NO (95%) y NO_2 (5%)

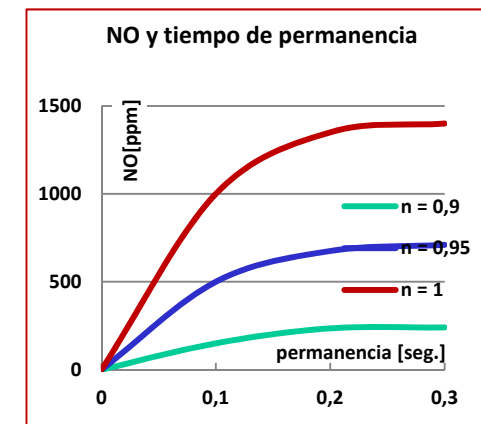
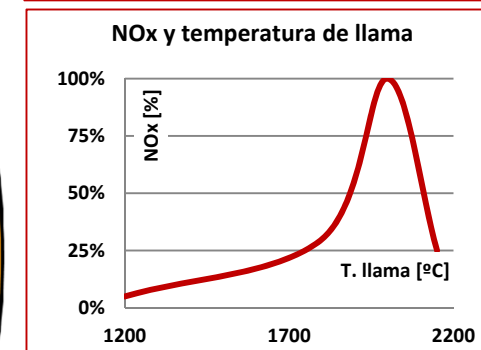
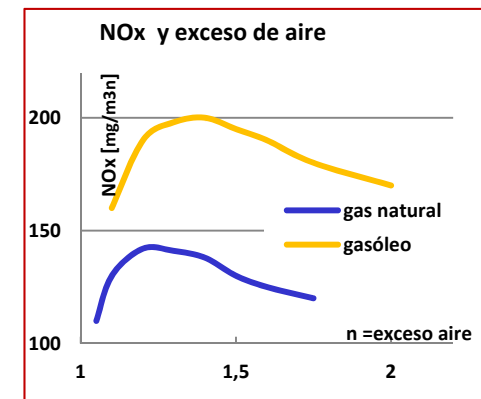
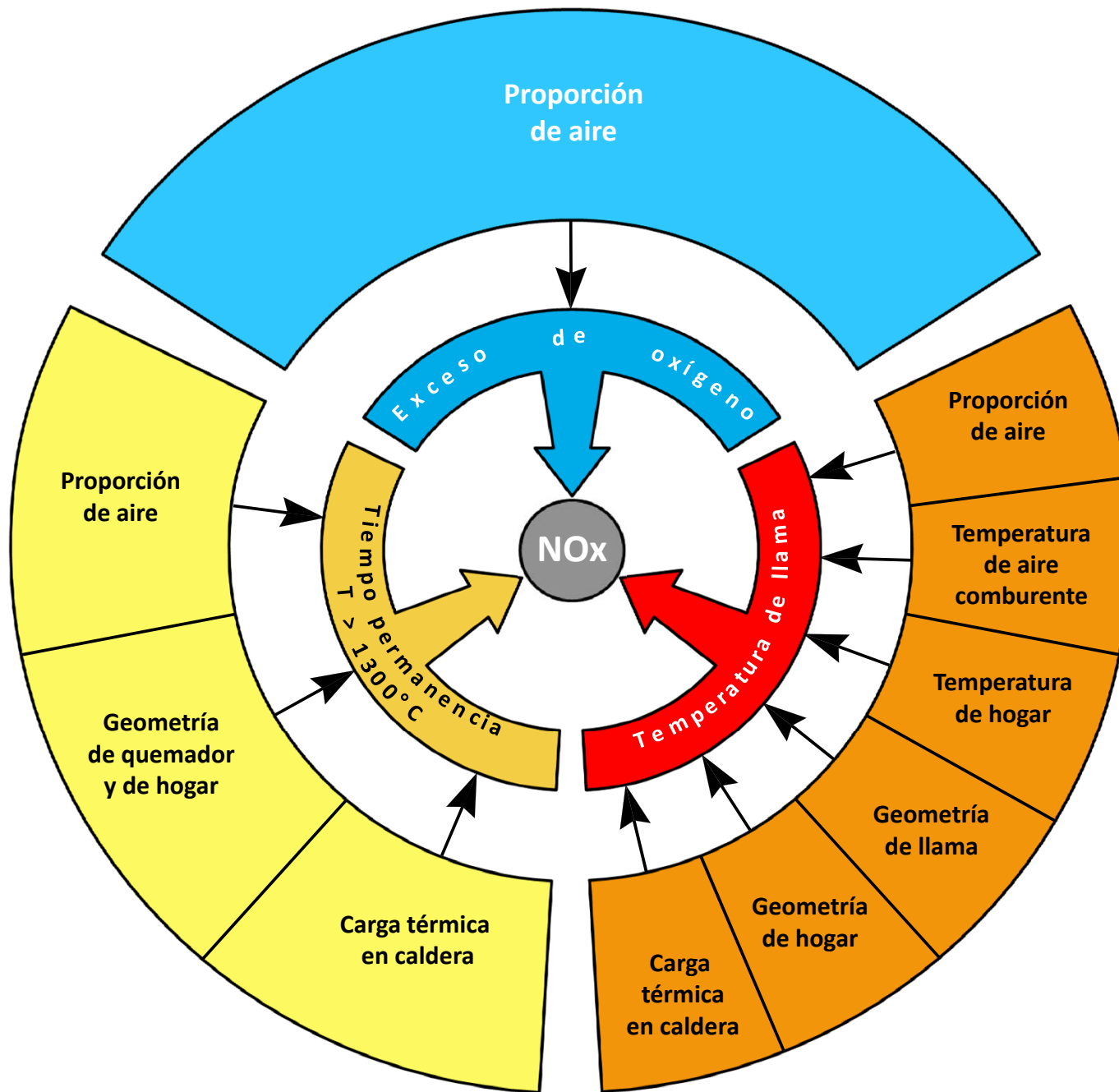
Atmósfera: NO reacciona a NO_2

Unidades de medida:

ppm = partes por millón ej.: 50 ppm
 mg/kWh ej.: 102,9 mg/kWh
 mg/m³_n ej.: 102,8 mg/m³_n

NO_x como NO_2 , 3%- O_2 , humos secos, gas natural
 NO_x como NO_2 , humos secos, gas natural
 NO_x como NO_2 , 3%- O_2 , humos secos, gas natural





Normativas NOx

UNE 267 (gasóleo): valores límite de emisiones para NOx y CO		
Clase	NOx [mg/kWh]	CO [mg/kWh]
1	250	110
2	185	110
3	120	60

UNE 676 (gas): valores límite de emisiones para NOx	
Clase	NOx [mg/kWh]
1	170
2	120
3	80

Condiciones límite para establecer los valores de garantía de NOx:

- NOx
 - referido al 3% de O₂
 - calculado como NO₂ en humos secos.
 - promedio aritmético
 - tolerancia e imprecisión: medición, composición, ...
- Condiciones de referencia:
 - Taire = 20 °C
 - Humedad x = 10 g/kg.
- Contenido de nitrógeno referencia en gasóleo: 140 mg/kg.
- Temperatura del fluido caloportador °C
- Hasta 2,4 MW: dimensiones hogar normalizadas

Unidades de medida:

ppm ej.: 50 ppm
 mg/kWh ej.: 102,9 mg/kWh
 mg/m³_n ej.: 102,8 mg/m³_n

NOx como NO₂, 3%-O₂, humos secos, gas natural
 NOx como NO₂, humos secos, gas natural
 NOx como NO₂, 3%-O₂, humos secos, gas natural

Normativas NOx: futuro

Gran Instalación de Combustión



Potencia ≥ 50 MW

Directiva IED 2010/75/CE de
Emisiones Industriales
Real Decreto 815/2013 “Reglamento
Emisiones Industriales”

Hitos:

- 01.01.2016 Aplicación

Mediana Instalación de Combustión



$1 \text{ MW} \leq \text{Potencia} < 50 \text{ MW}$

Directiva MCP 2015/2193/CE de
Instalaciones Medianas

Hitos:

- 19.12.2017 Fecha límite transposición
- 20.12.2018 Aplicación instalaciones nuevas
- 01.01.2025 instalaciones existentes $> 5 \text{ MW}$
- 01.01.2030 instalaciones existentes $\leq 5 \text{ MW}$

Mediana Instalación de Combustión

Límites de emisiones de acuerdo a MCP 2015/2193/CE				
Potencia térmica nominal de 1 MW a 5 MW				
Combustible	Potencia individual	NOx [mg/Nm3]	SO2 [mg/Nm3]	Partículas [mg/Nm3]
gas natural	1 MW ≤ Pi ≤ 5 MW	≤ 250	-	-
otros gases	1 MW ≤ Pi ≤ 5 MW	≤ 250	≤ 200	-
gasóleo	1 MW ≤ Pi ≤ 5 MW	≤ 200	-	-
fuelóleo	1 MW ≤ Pi ≤ 5 MW	≤ 650	≤ 350	≤ 50
para instalaciones existentes, aplicar desde 01.01.2030				
Límites de emisiones de acuerdo a MCP 2015/2193/CE				
Potencia térmica nominal, de 5 MW a 50 MW				
Combustible	Potencia individual	NOx [mg/Nm3]	SO2 [mg/Nm3]	Partículas [mg/Nm3]
gas natural	5 MW < Pi < 50 MW	≤ 200	-	-
otros gases	5 MW < Pi < 50 MW	≤ 250	≤ 35	-
gasóleo	5 MW < Pi < 50 MW	≤ 200	-	-
fuelóleo	5 MW < Pi < 50 MW	≤ 650	≤ 350	≤ 30
para instalaciones existentes, aplicar desde 01.01.2025				
Límites de emisiones de acuerdo a MCP 2015/2193/CE				
Potencia térmica nominal, de 1 MW a 50 MW				
Combustible	Potencia individual	NOx [mg/Nm3]	SO2 [mg/Nm3]	Partículas [mg/Nm3]
gas natural	1 MW ≤ Pi < 50 MW	≤ 100	-	-
otros gases	1 MW ≤ Pi < 50 MW	≤ 200	-	-
gasóleo	1 MW ≤ Pi < 50 MW	≤ 200	-	-
fuelóleo	1 MW ≤ Pi < 50 MW	≤ 300	≤ 350	≤ 20
para instalaciones nuevas, aplicar desde 20.12.2018				

Referencia:

- temperatura de 273,15 K
- presión de 101,3 kPa
- previa corrección del contenido en vapor de agua de los gases residuales
- contenido normalizado 3%-O2
- No se refiere a temperatura del aire
- No se refiere a humedad del aire
- No se refiere a contenido de N en combustible

Reducción NOx por recirculación interna

Reparto del combustible en NR

Reducción de la temperatura en la raíz de la llama

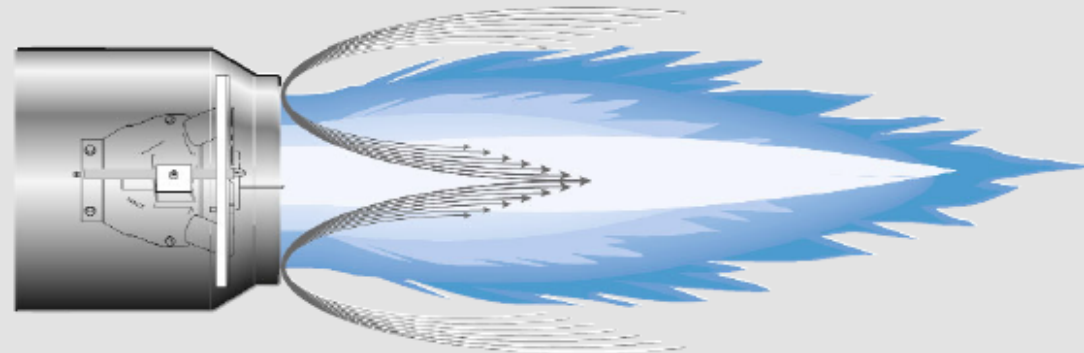
- Con un reparto definido del combustible del centro hacia afuera se evita una raíz de llama excesivamente caliente ($> 1300\text{ °C}$)
- La recirculación adicional permite una postcombustión de los gases de calentamiento



Recirculación en LN

Reducción del tiempo de permanencia

- La recirculación aumenta la velocidad de los gases de combustión. El nitrógeno y el oxígeno pueden salir más rápido de la zona caliente de reacción.



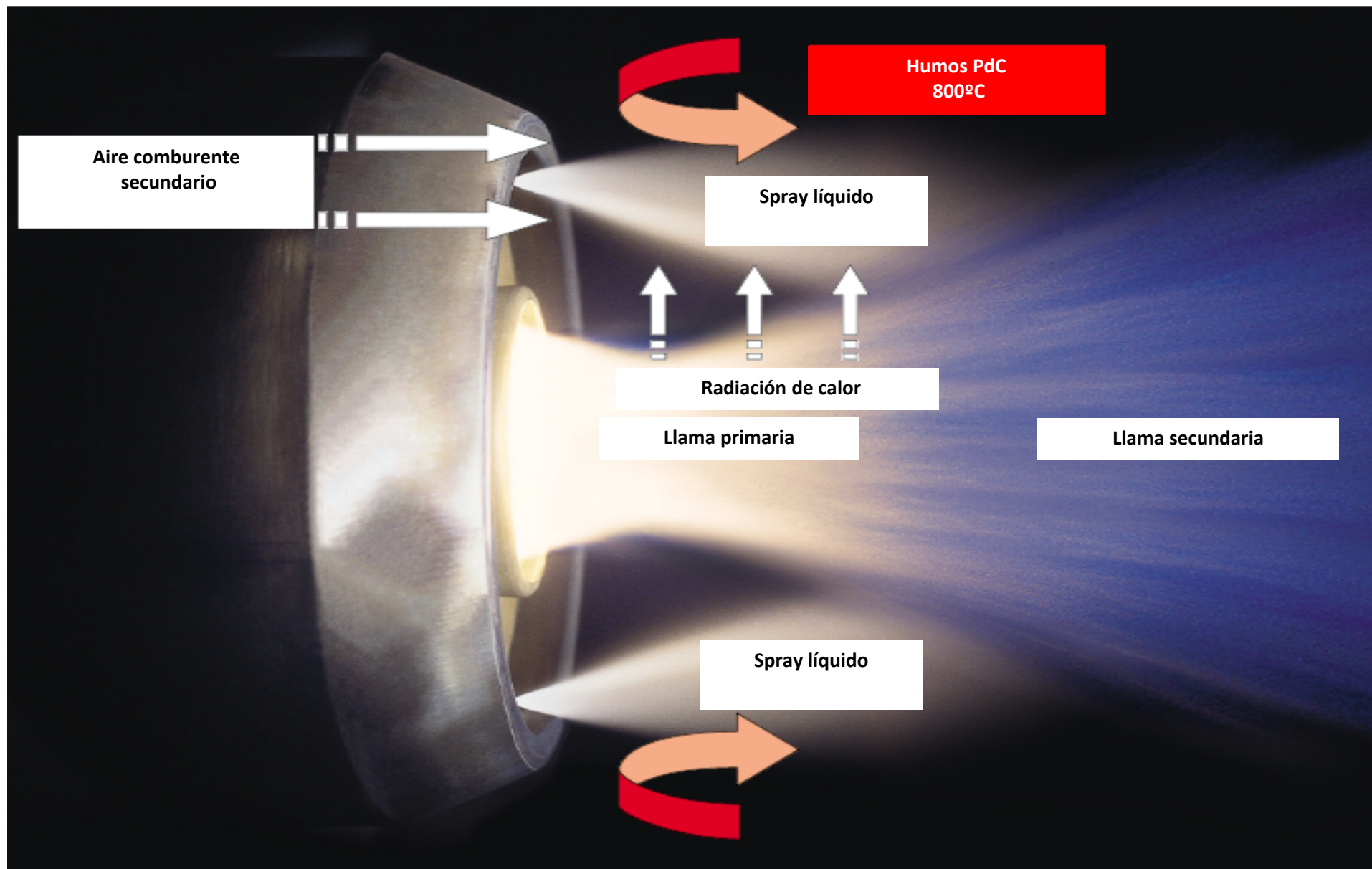
Reducción NOx por recirculación interna

Reparto del combustible y recirculación en multiflam® 3LN

La reducción de la temperatura en la raíz de la llama ayuda a una llama „más fría“ y, con ello, a una fuerte reducción de los valores de emisiones de NO_x.

- Una construcción especial del reparto del combustible genera una llama primaria y una llama secundaria.
- La llama primaria ayuda a la estabilidad y a la formación de la llama secundaria.





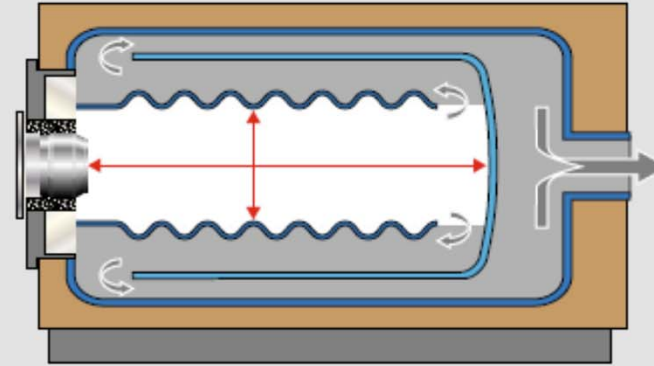
Sistema 3LN - multiflam® :

Gasificación del combustible líquido finamente pulverizado

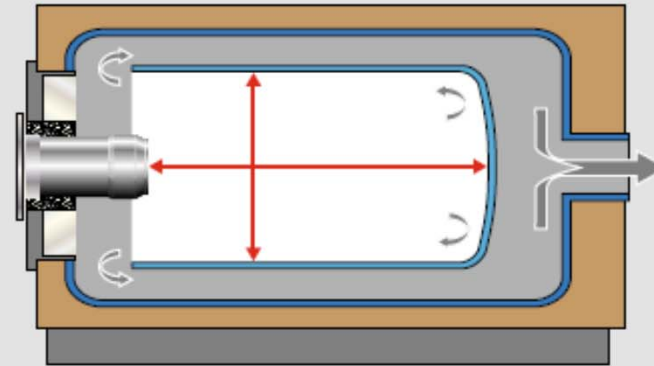
Recirculación interna de humos

Requisitos para reducción NOx

- Cámara de combustión
Calderas de 3 pasos de humos /
Calderas de 1 solo paso de humos



Calderas de llama invertida



Reducción NOx extrema

Recirculación externa de PdC

Mezcla de humos PdC con aire de combustión

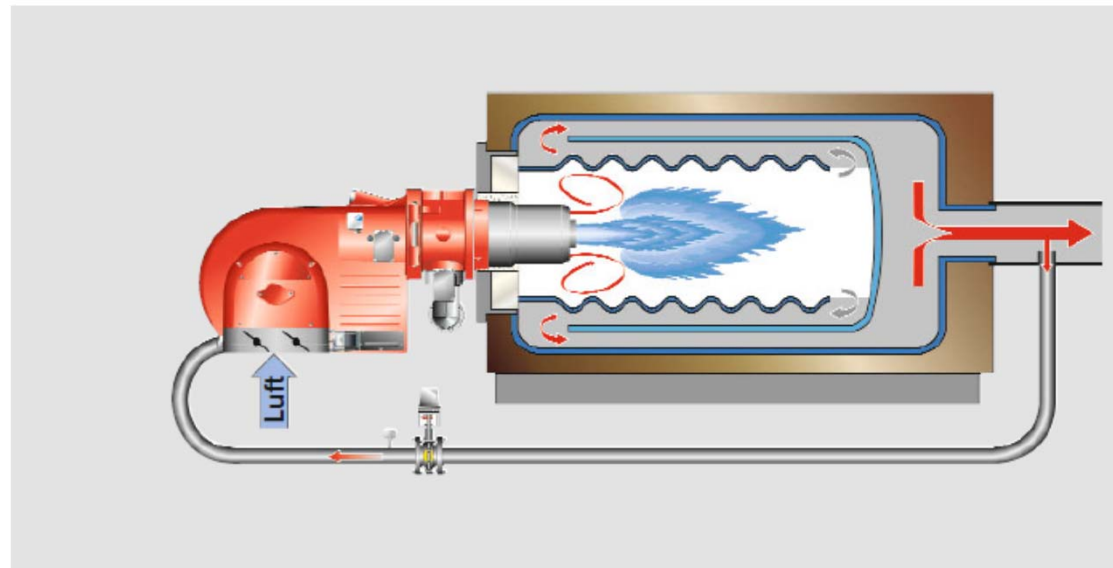
- ⇒ Reducción del oxígeno disponible en la zona de reacción
- ⇒ Reducción de la temperatura de llama

Aumento de la velocidad del flujo

- ⇒ Disminución del tiempo de permanencia de N₂ y O₂ en la zona de reacción

Control electrónico de la mezcla

- ⇒ Comportamiento seguro al arranque en frío
- ⇒ Máxima disponibilidad de funcionamiento

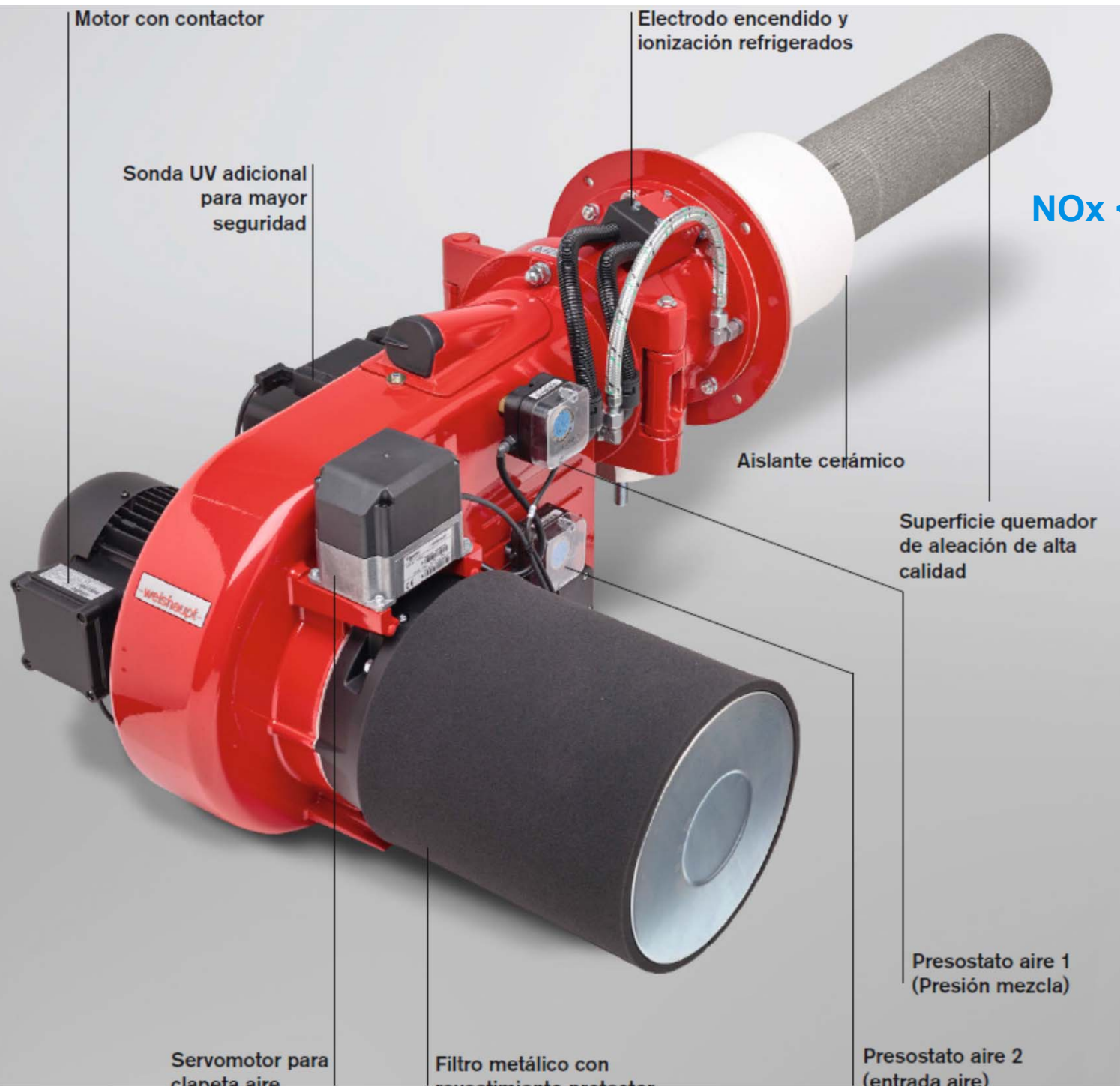


Reducción NOx extrema



Quemador PLN

NOx < 30 mg/m³n



<u>INSTALACIÓN</u>	<u>UBICACIÓN</u>	<u>QUEMADOR</u>
Hospital de Valdemoro	Madrid	WM-G30/1-A
Esnelat	Urnieta	WK-G80/3-A
Hospital Can Ruti	Barcelona	WM-G30/3-A
Hospital Quirón Teknon	Barcelona	WM-G20/3-A
Laboratorios Abbott	Granada	2 x WM-G30/3-A
Martinez Lorient	Cheste	WM-G20/2-A
Hispano Mecano Electrica	Capellades	WM-G30/3-A
Incarlopsa Elaborados	Tarancón	RGL40/2-A
Hiasa	Avilés	WM-G30/1-A
Danone	Badalona	G70/2-A
Danone	Madrid	G70/1-B
Danone	Valencia	G70/2-A
Gates P.T Spain	Balsareny	G70/1-B
Wyeth-Farma	Madrid	G70/1-B
Jabones Pardo	Fuenlabrada	RGL40/2-A

Corporación alimentaria Guissona	Reus	Varios quemadores
Mars España	Arévalo	G70/1-B
Esporc	Barcelona	WM-G20/2-A
Casa Tarradellas	Vyc	RGL70/2-A
Capsa	Lugo	G70/1-B
Ciudad Banco Santander	Madrid	WM-G30/3-A
Ciudad Banco Santander	Madrid	2 x RGL50/2-A
Puratos	Girona	G70/2-A
Vall Companys	Lleida	WM-G30/2-A
C.T. Altamira	Madrid	3 x RGL70/1-B
Hotel Arts	Barcelona	WM-G20/2-A
Laboratorios Alcón Cusí	Barcelona	WM-G30/3-A
C.T. Canillas	Madrid	4 x RGL70/1-B
Novartis	Barcelona	G70/2-A
Piensos del Segre	Tarragona	WM-G30/2-A
Gonvarri Tarragona	Tarragona	G70/2-A
Industria química Lasem	Barcelona	G70/2-A
C.T. Orcasitas	Madrid	3 x RGL70/1-B

Gracias por su atención

Pablo Garrido
pgarrido@sedical.com

Jaime Santiago
jsantiago@sedical.com

Sedical
91 659 29 30