

Quemadores: ahorro energético y control de la combustión

Pablo Garrido

Responsable marca monarch® Weishaupt
Director Operaciones Sedical

Combustión eficiente

Quemadores digitales

Control de O₂

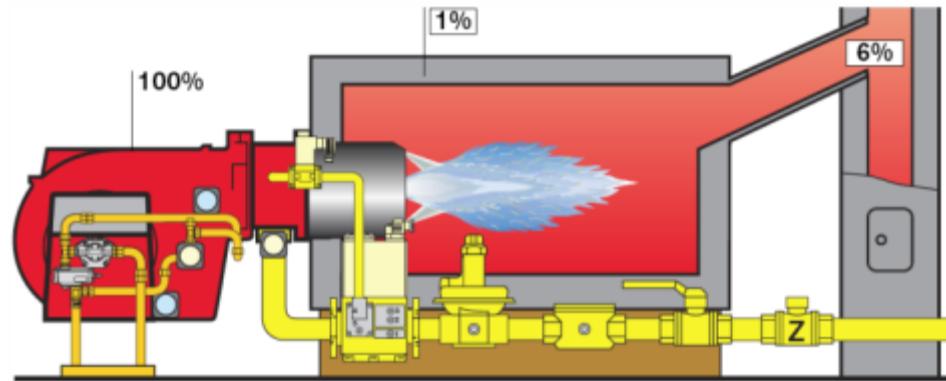
Variación de velocidad

Precalentamiento de aire

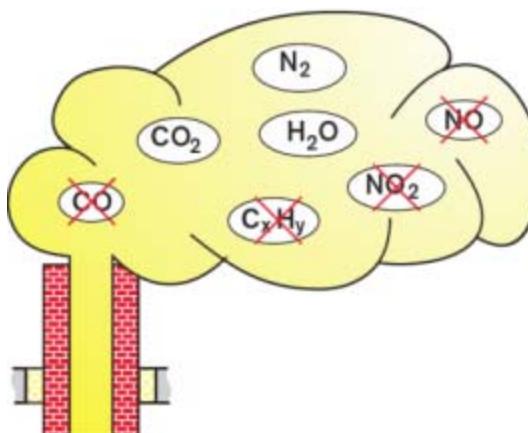
Reducción NOx

COMBUSTIÓN: Equilibrio rendimiento / emisiones

Rendimiento óptimo:

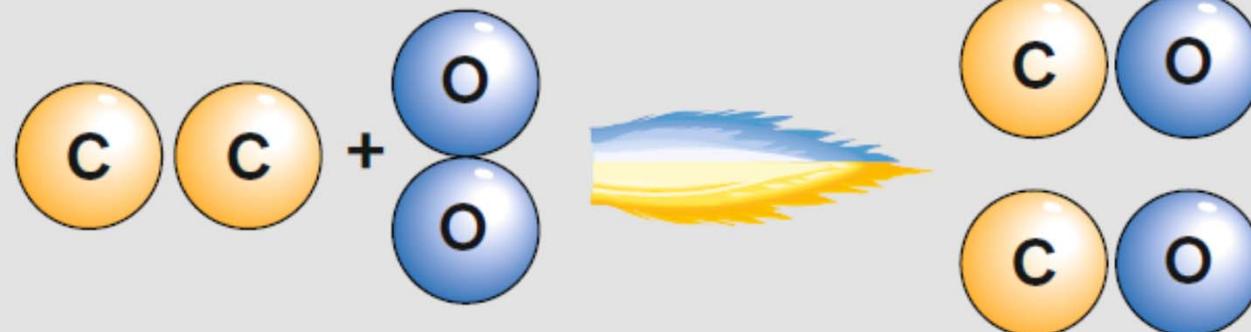
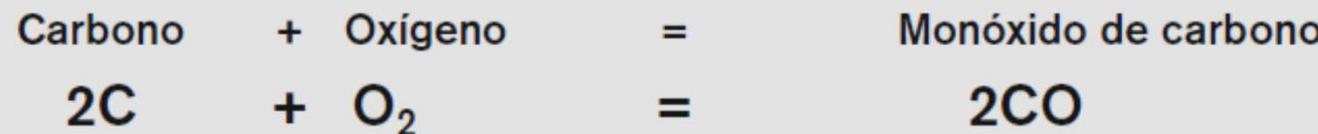


Mínimas emisiones:

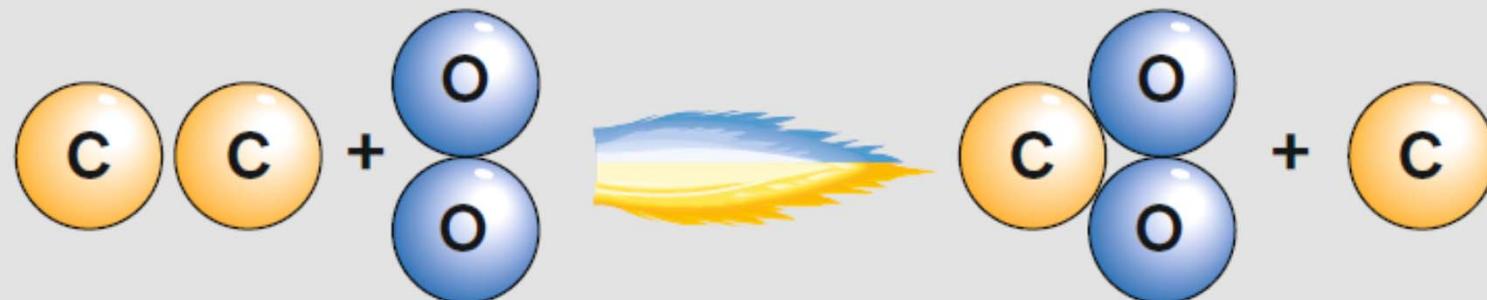
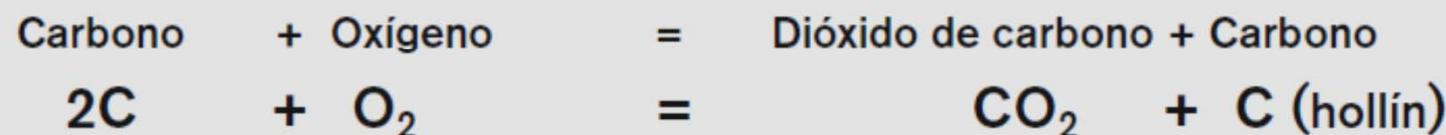


Control de la mezcla aire – combustible:

Mantener el equilibrio entre rendimiento y contaminación

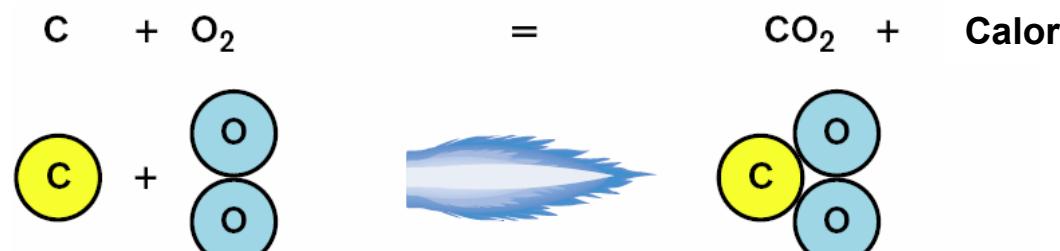


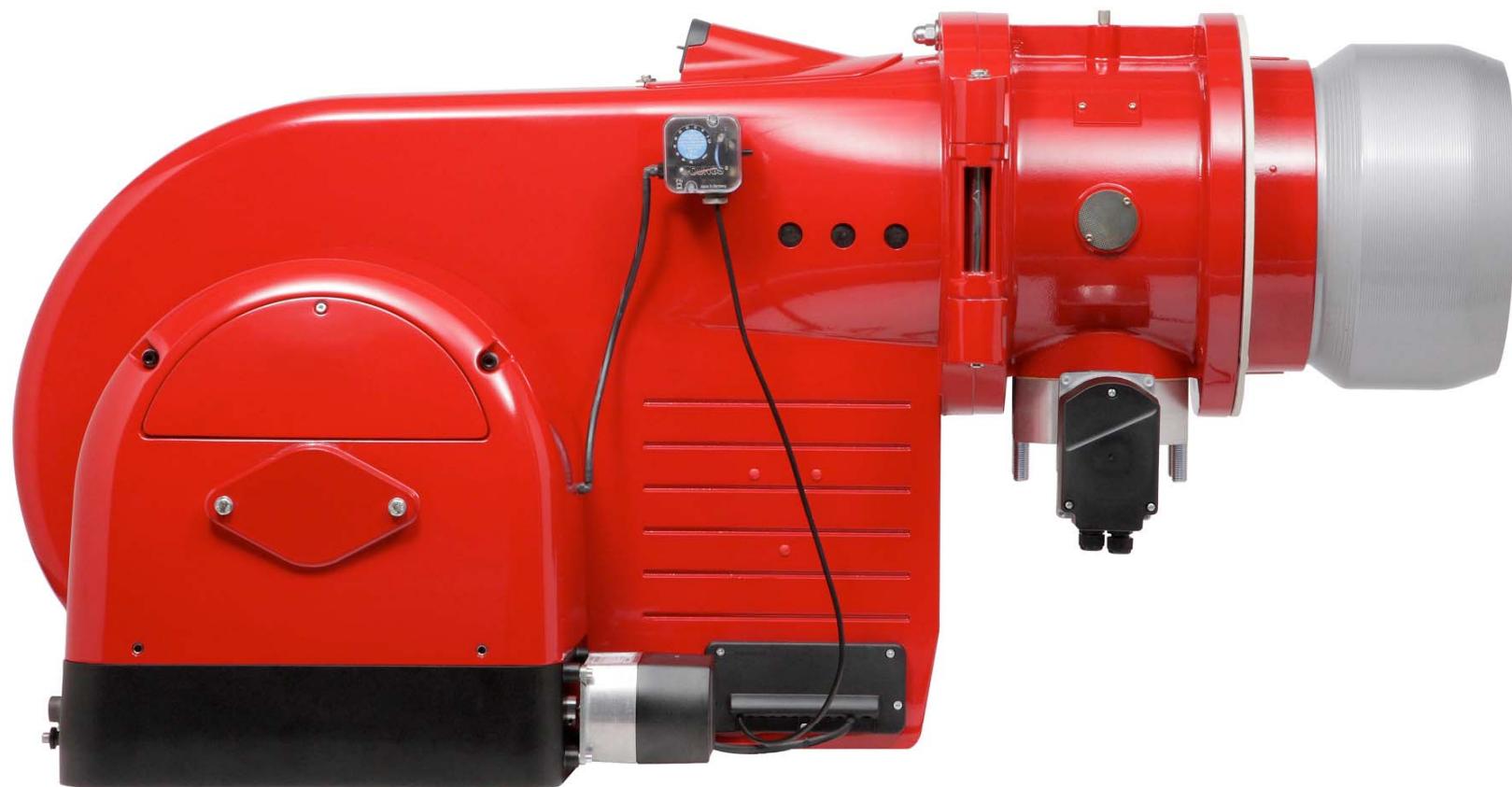
COMBUSTIÓN: conceptos generales



COMBUSTIÓN: ajustes

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

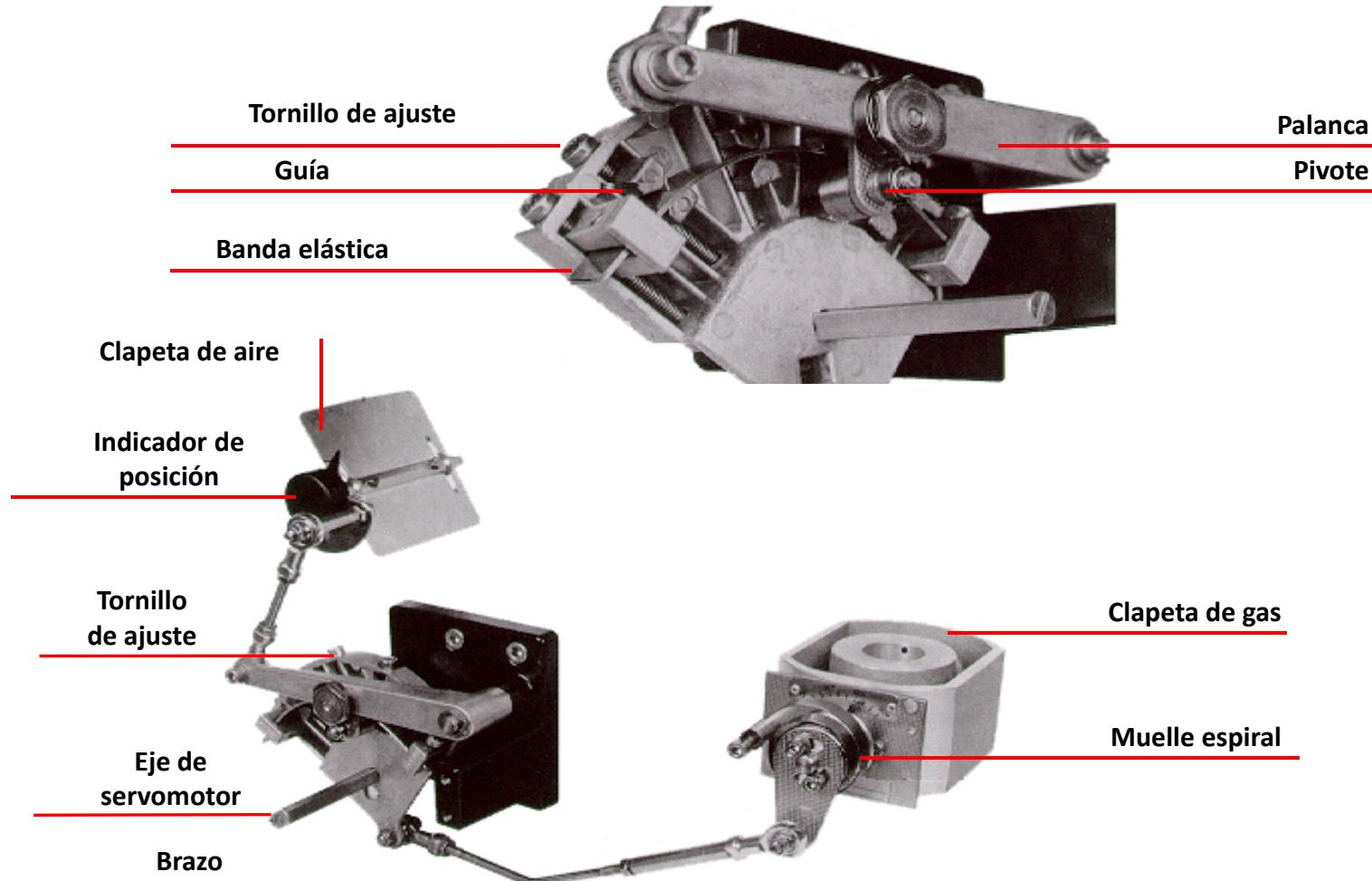








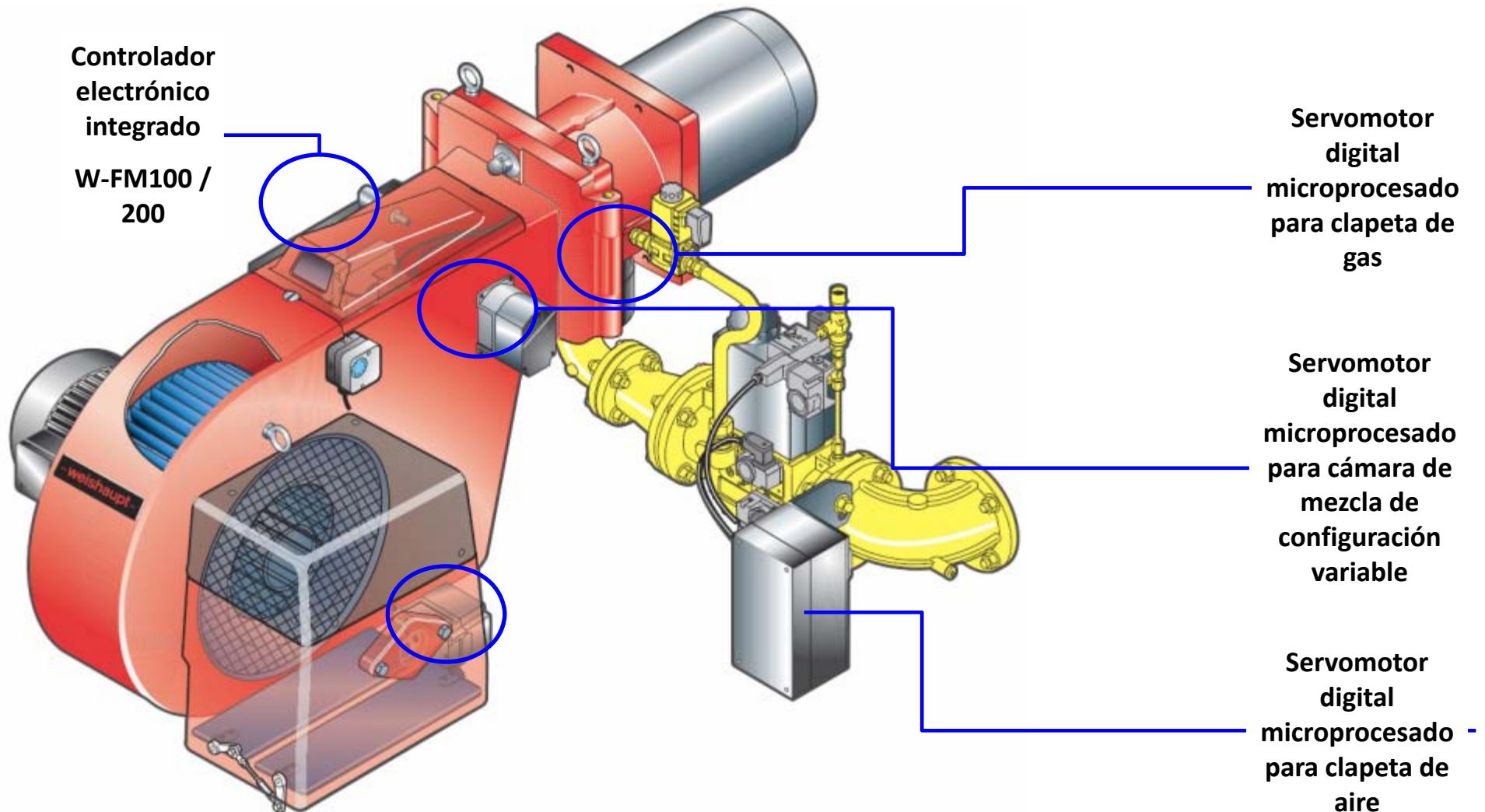
Control mecánico



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

Holguras
Histéresis mecánica
Sin "memoria"

Quemadores digitales: control electrónico



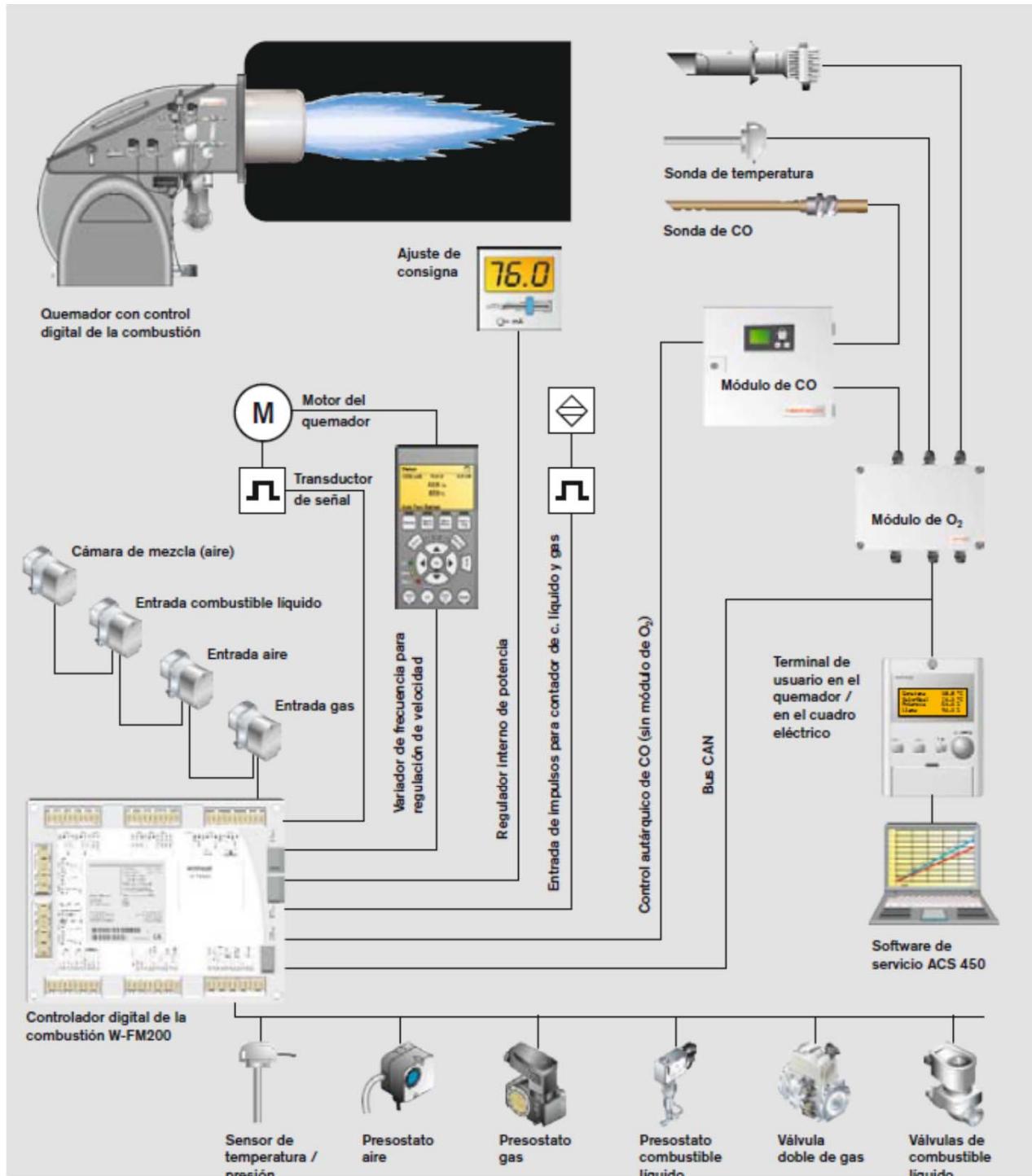
Control de la mezcla (1 servomotor para cada elemento de ajuste)

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.

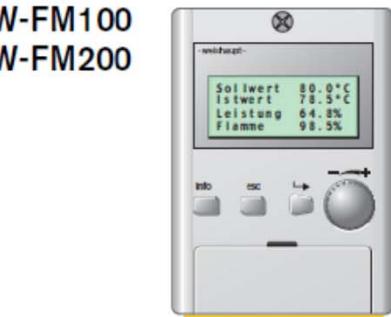


Quemadores digitales: posibilidades de control

Modbus a Profibus-DP

directo a PLC

W-FM100
W-FM200



Länge ca. 1m Modbus



Schnittstellenkonverter
RS232/
RS485

Modbus

Länge ca. 1km RS 485

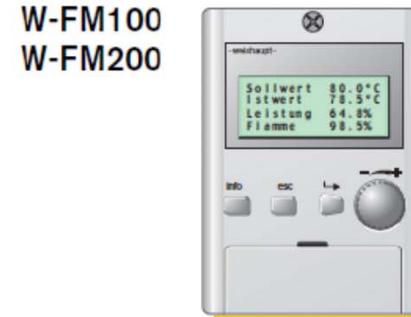


SPS
CPU+Modbusmodul



vía Interfaz ModGATE

W-FM100
W-FM200



Länge ca. 1m Modbus



Weitere
Brenner
über
eigenes
ModGATE

Modbus

RS 232

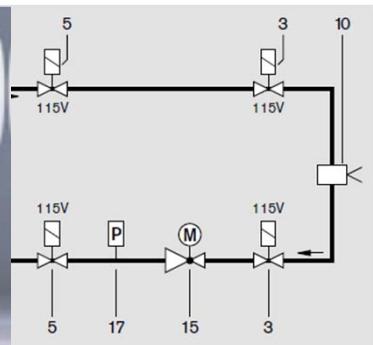
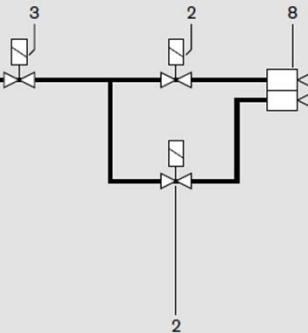
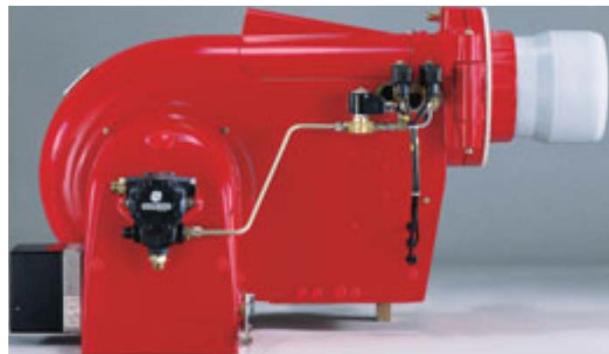
RS 232

ModGATE

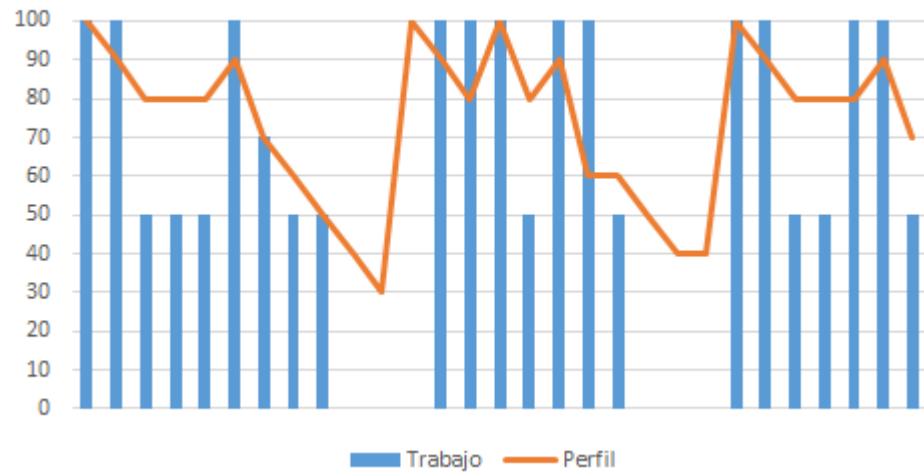
SPS

weitere
PROFIBUS
Teilnehmer

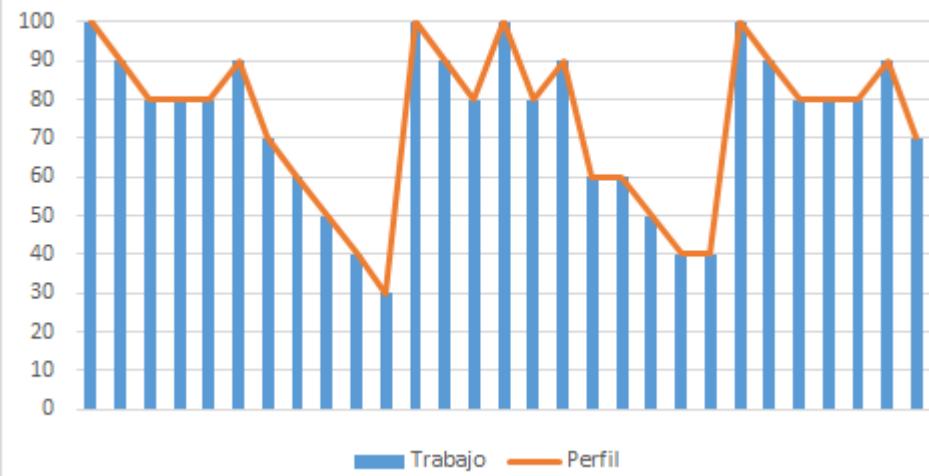
weitere
PROFIBUS
Teilnehmer



Marchas



Modulación



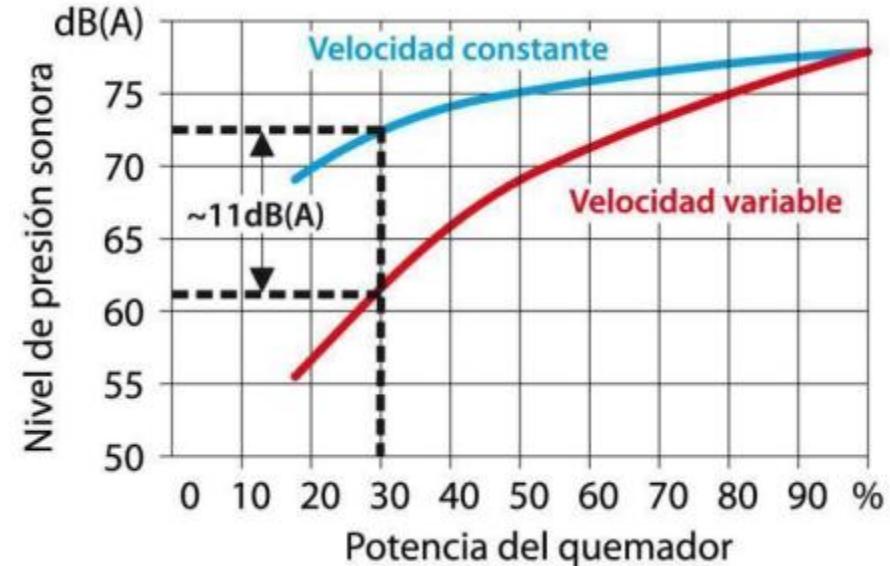
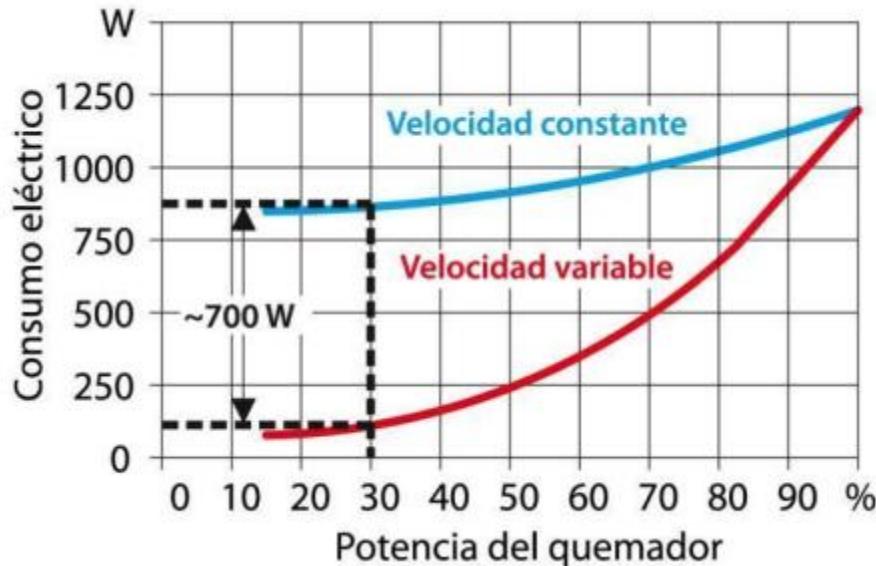
Cambio de quemador a modulante
Hasta un **10 % de ahorro**



Variación de velocidad

Ahorro de energía, reducción
ruidos, reducción emisiones

Variación de velocidad: ahorros



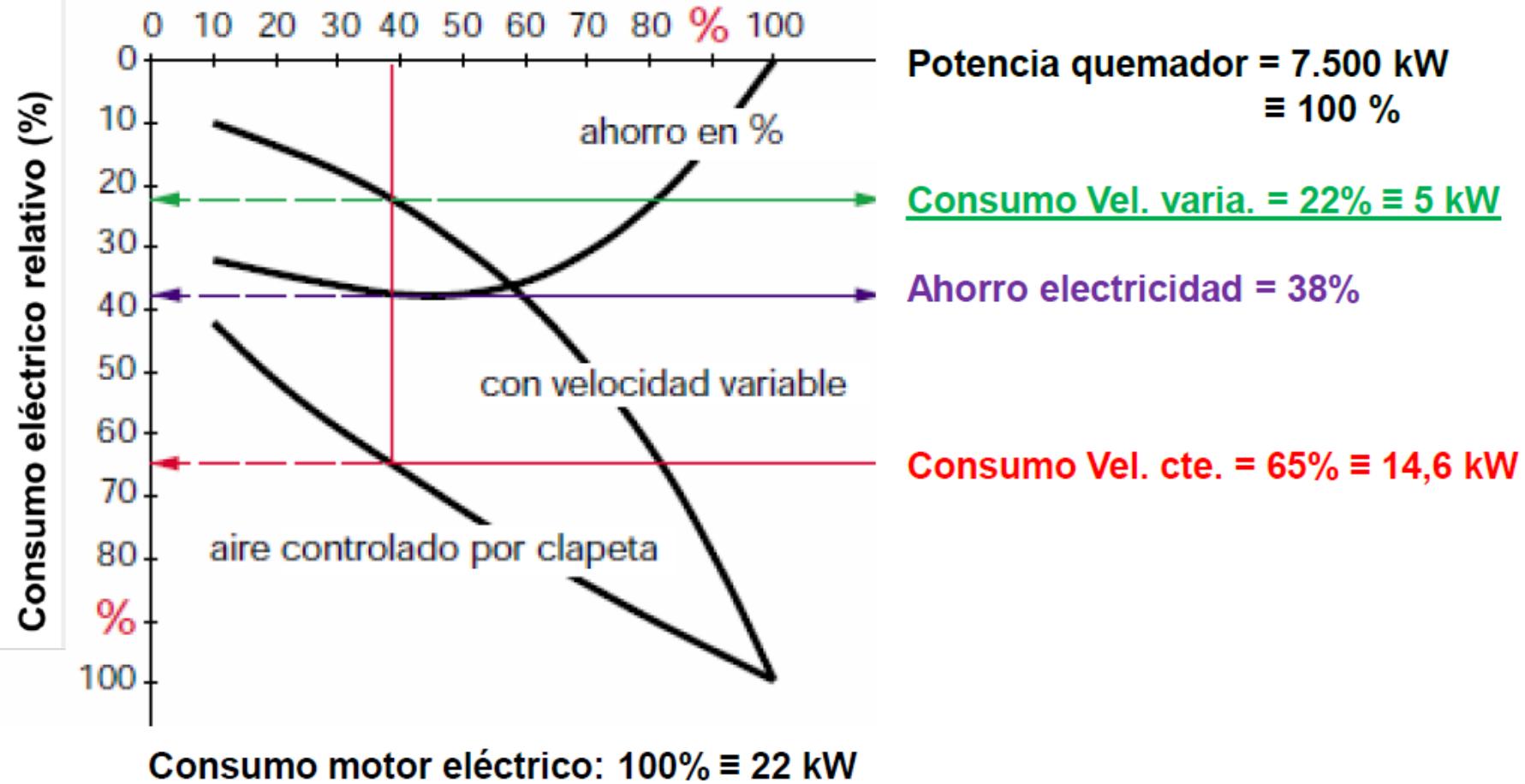
Control de velocidad

Drástica reducción del consumo eléctrico a potencias parciales

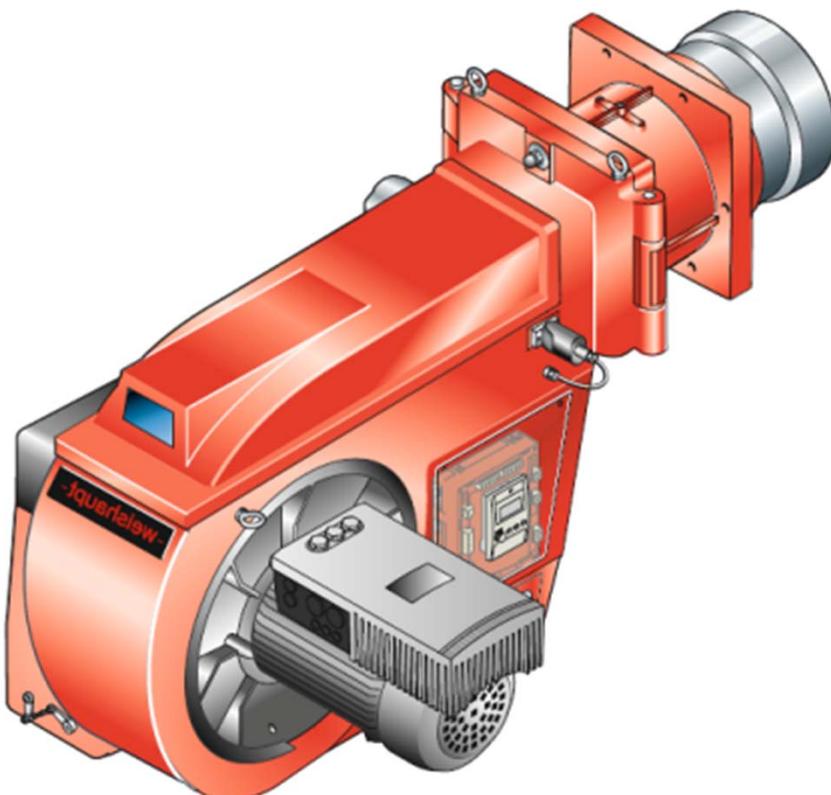
Reducción del nivel sonoro, el ventilador mueve sólo el caudal de aire realmente necesario

Variación de velocidad: ejemplo práctico

Carga media



Variación de velocidad: opciones variadores



- **IP20:** para montar en cuadro eléctrico.

- **IP54**

- **Incorporado en motor:**

Cableado

Programado en fábrica

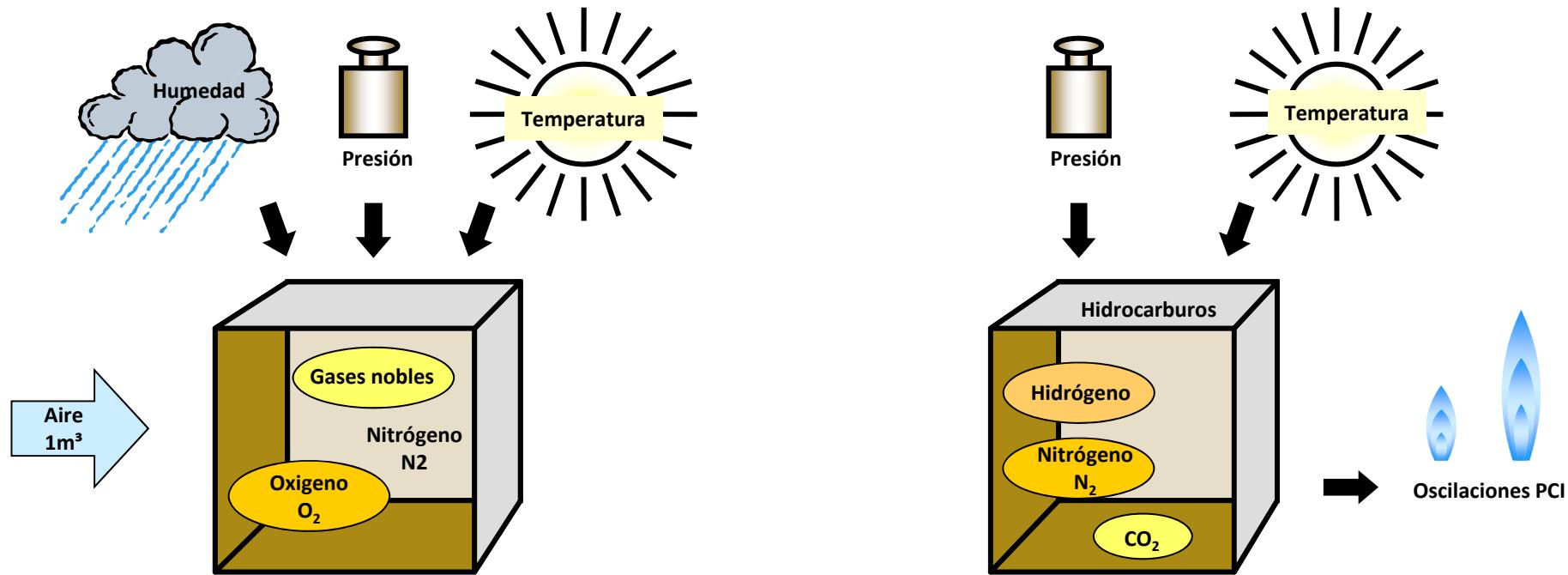
Revisado su funcionamiento junto con el quemador

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

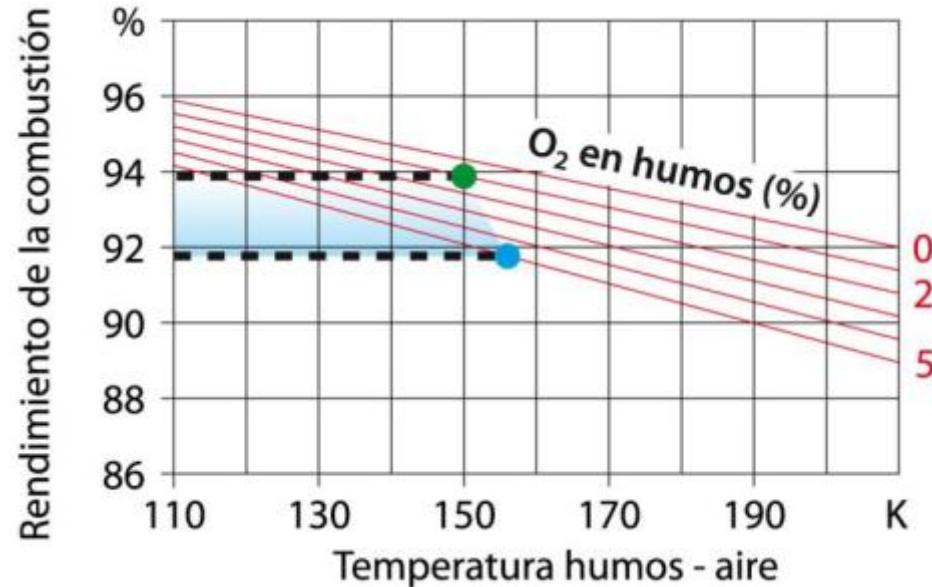
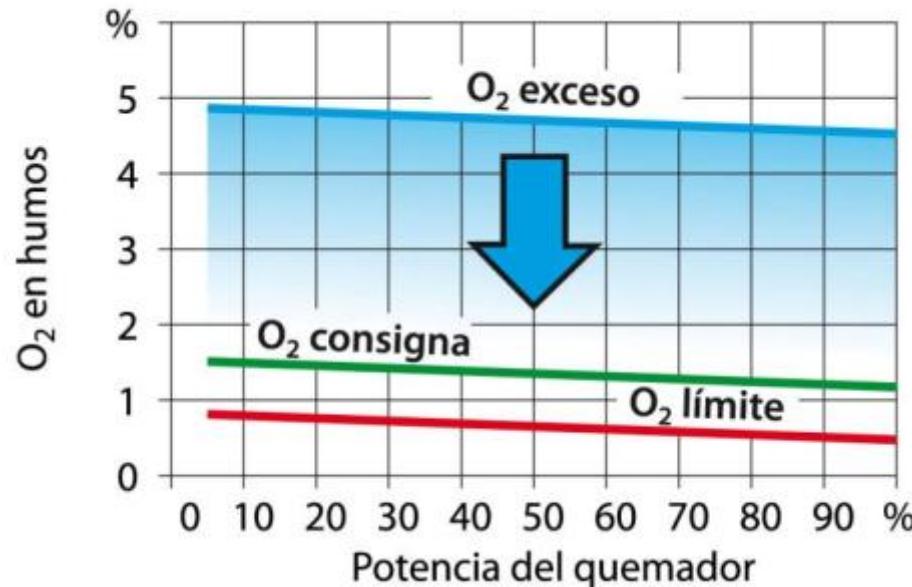
0,4% - O₂ por 2% de contenido de agua en aire

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

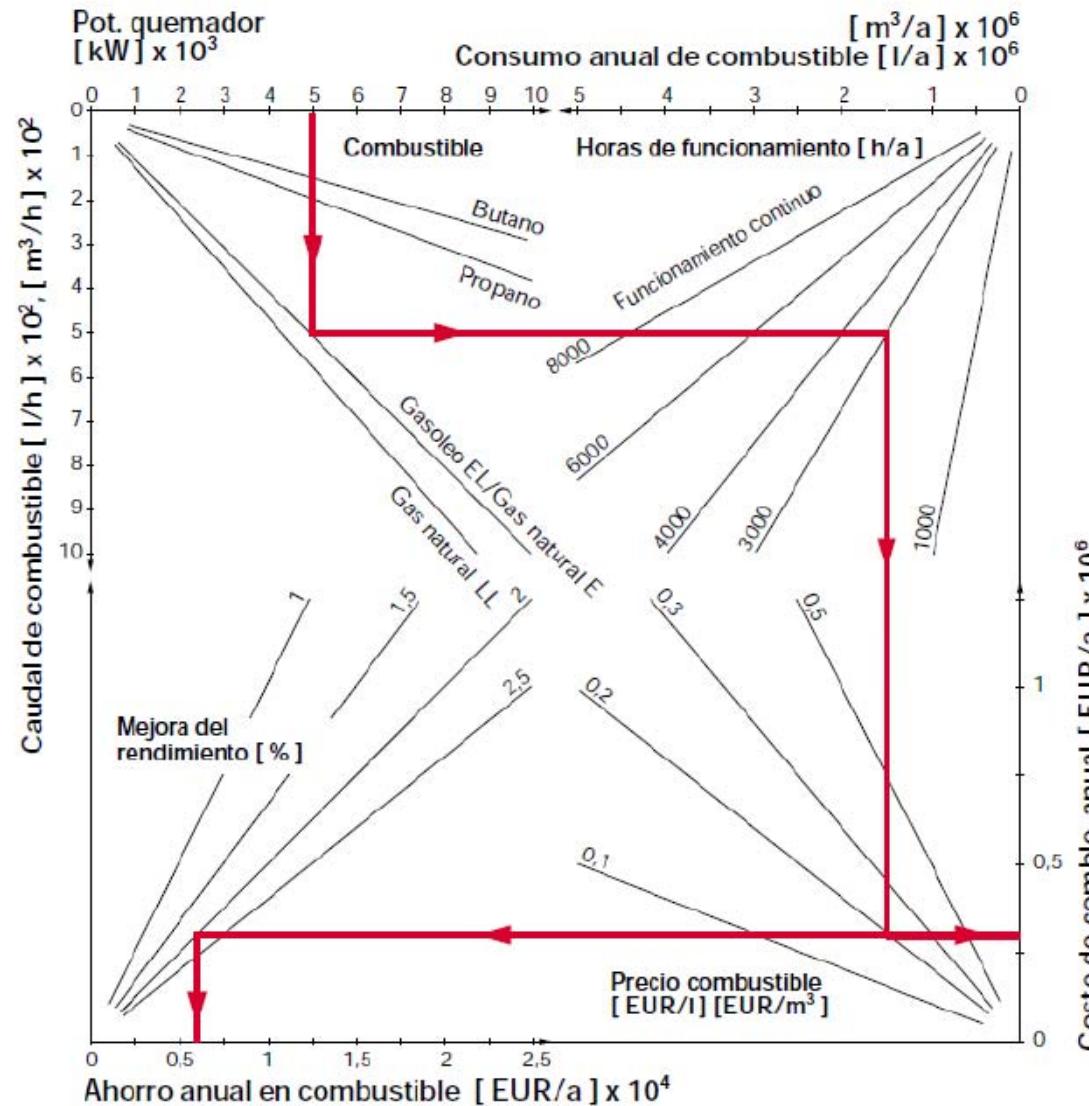
Reducción del exceso de oxígeno en humos

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

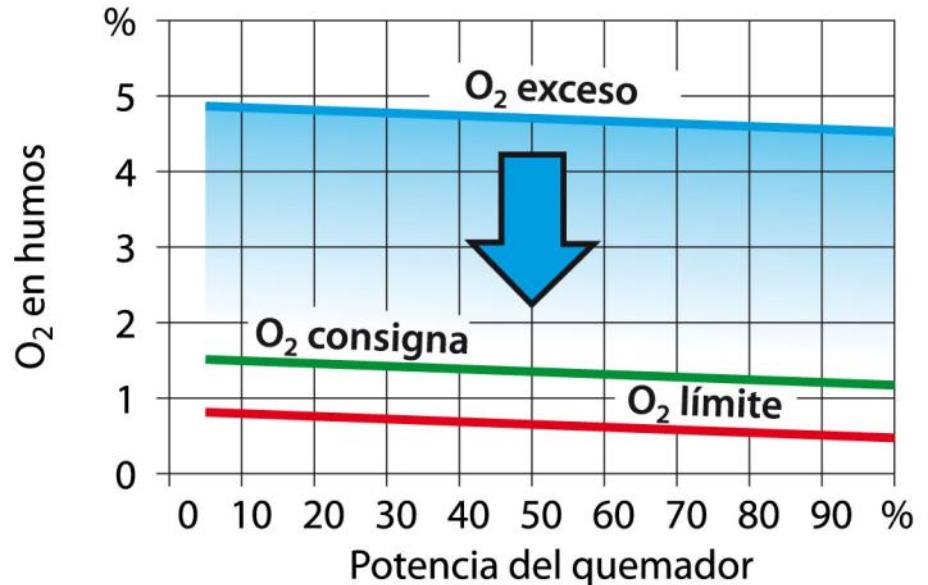
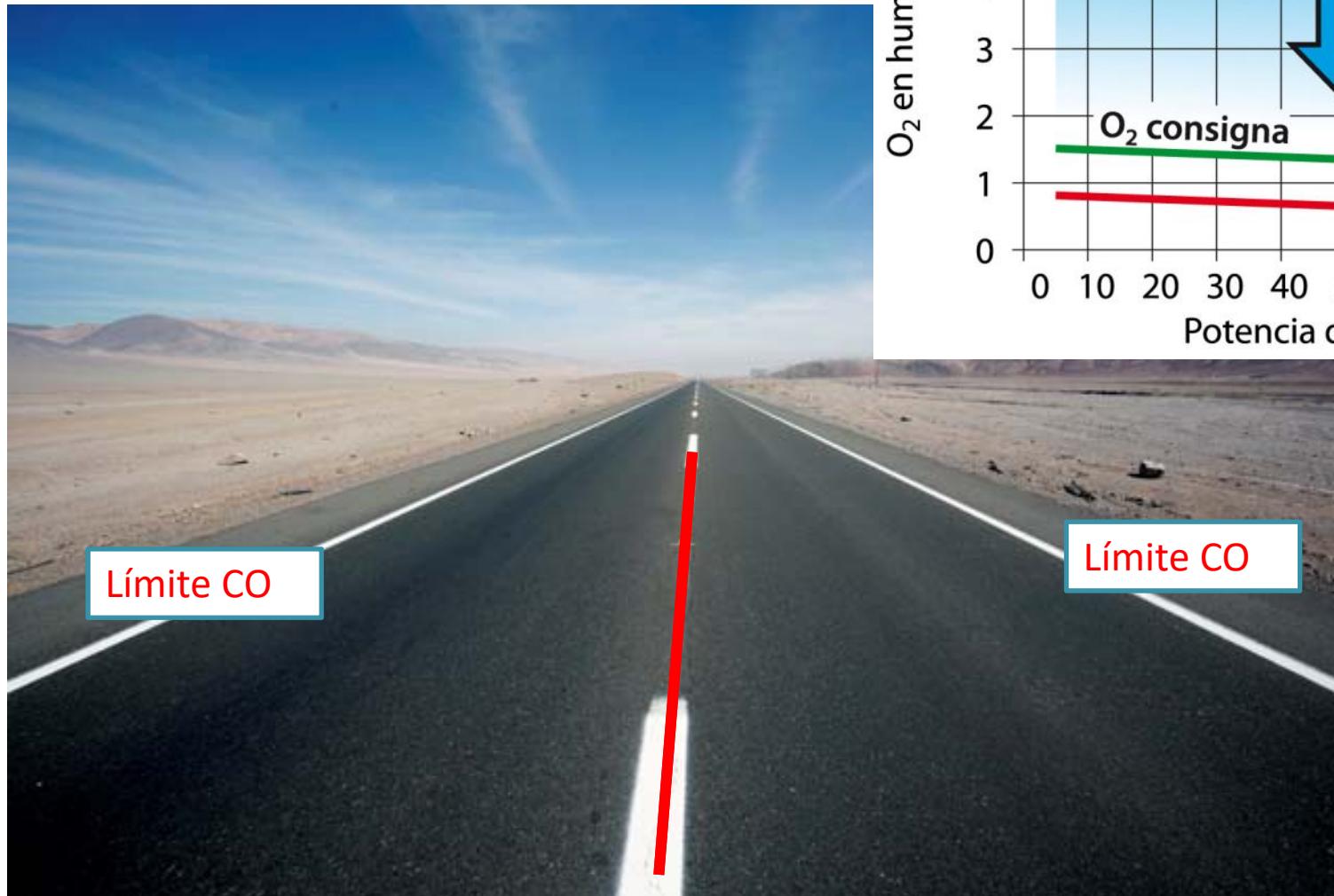
Mejora rendimiento = 2%

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

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

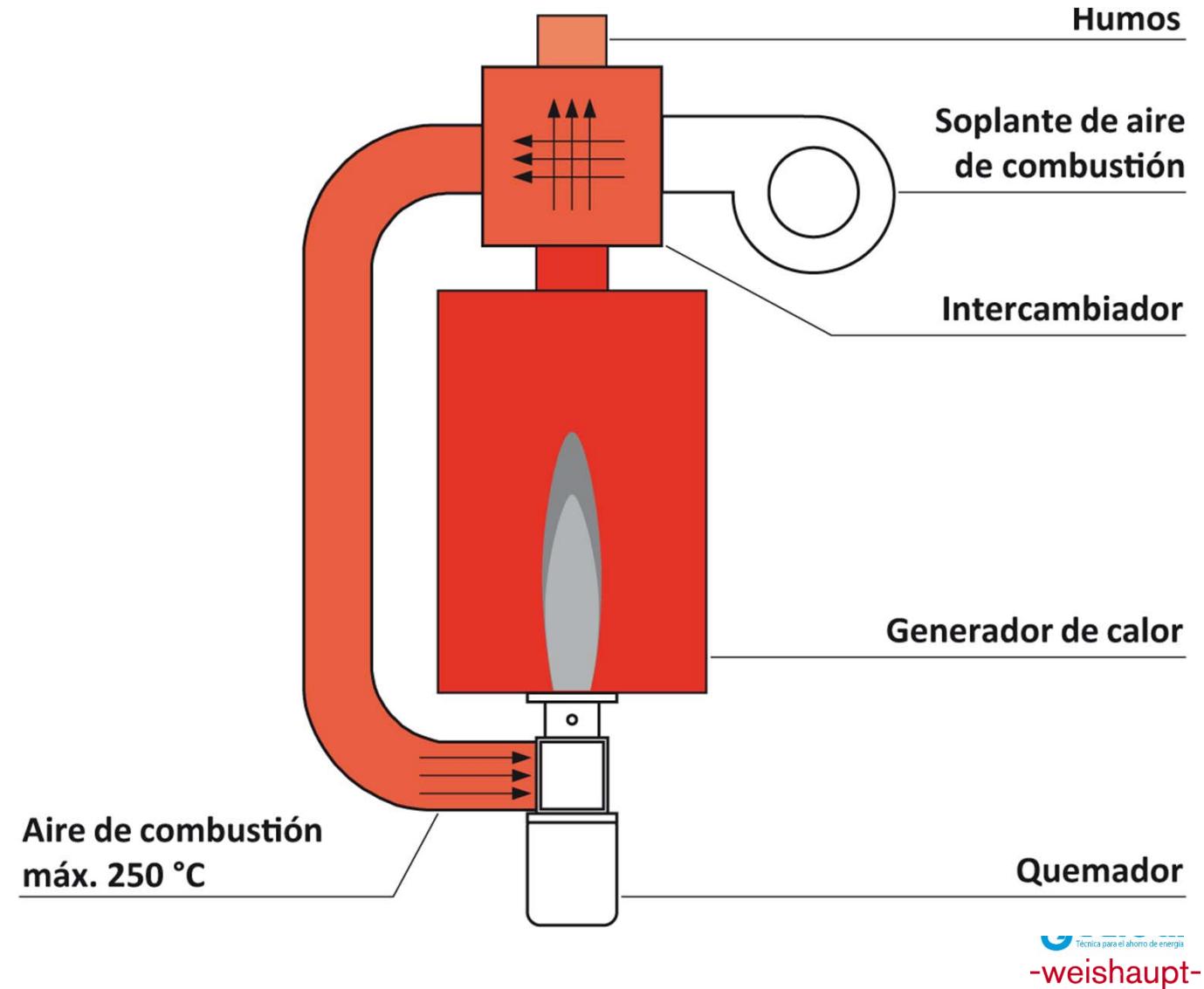
Control de O₂ en continuo: cómo?

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

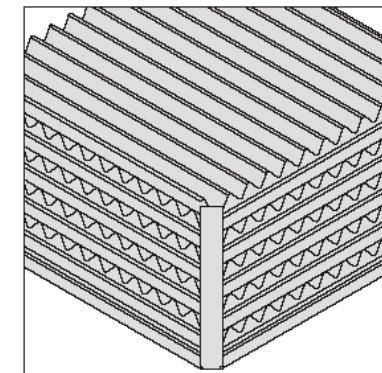
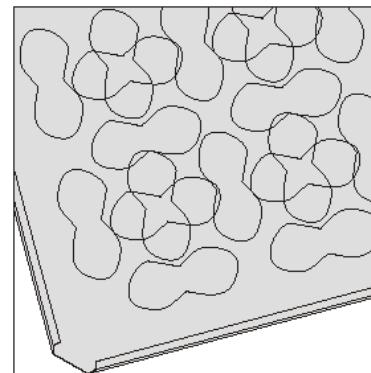


Figura 15: Formas de construcción de la distancia de laminas, estampado y perfiles ondulados

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

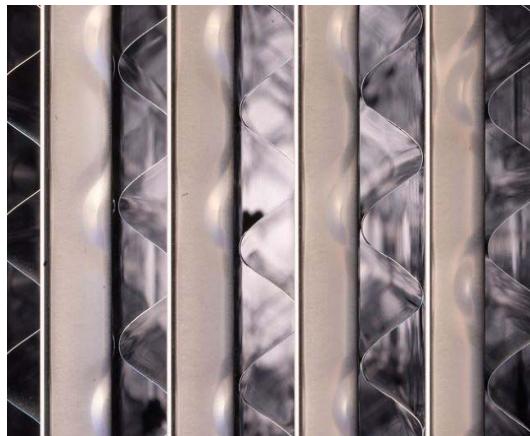
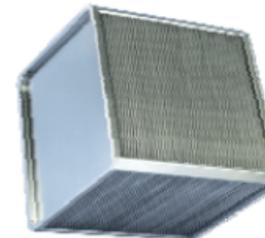


Figura 18: Recuperador de placas de flujos cruzados de aluminio.

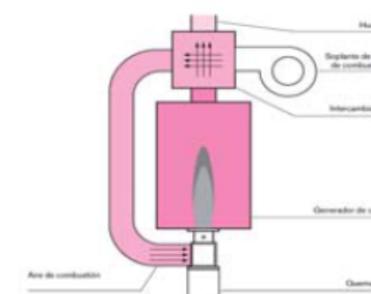


Figura 17: Recuperador de placas de flujos cruzados de aluminio.

DATOS GENERALES						
Cliente						
Proyecto	CALDERA					
Combustible	GAS NATURAL					
Poder calorifico inferior	kWh/Nm ³	10,35				
Temperatura ambiente	°C	25				
Humedad relativa ambiente	%	65	Consumo año gas**	Nm ³	888889	
Indice de exceso de aire	I	1,2	Precio Nm ³ gas	€/Nm ³	0,34	
Potencia combustion	kW	5.435	Potencia Generador	kW	5.000	
Temperatura Humos	°C	240				

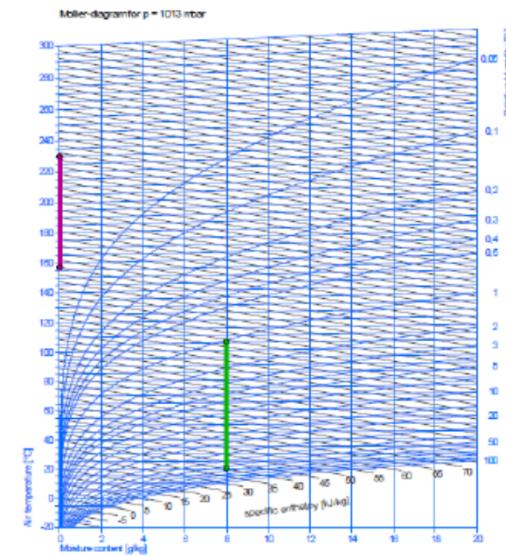


PARAMETROS DE CALCULO Y SELECCIÓN RECUPERADOR				
Temperatura ambiente	°C	25		
Humedad relativa ambiente	%	65		
Caudal aire combustion	Nm ³ /h	5701		
Temperatura de humos	°C	240		
Humedad relativa humos	%	0,06		
Caudal de humos	Nm ³ /h	6.767		



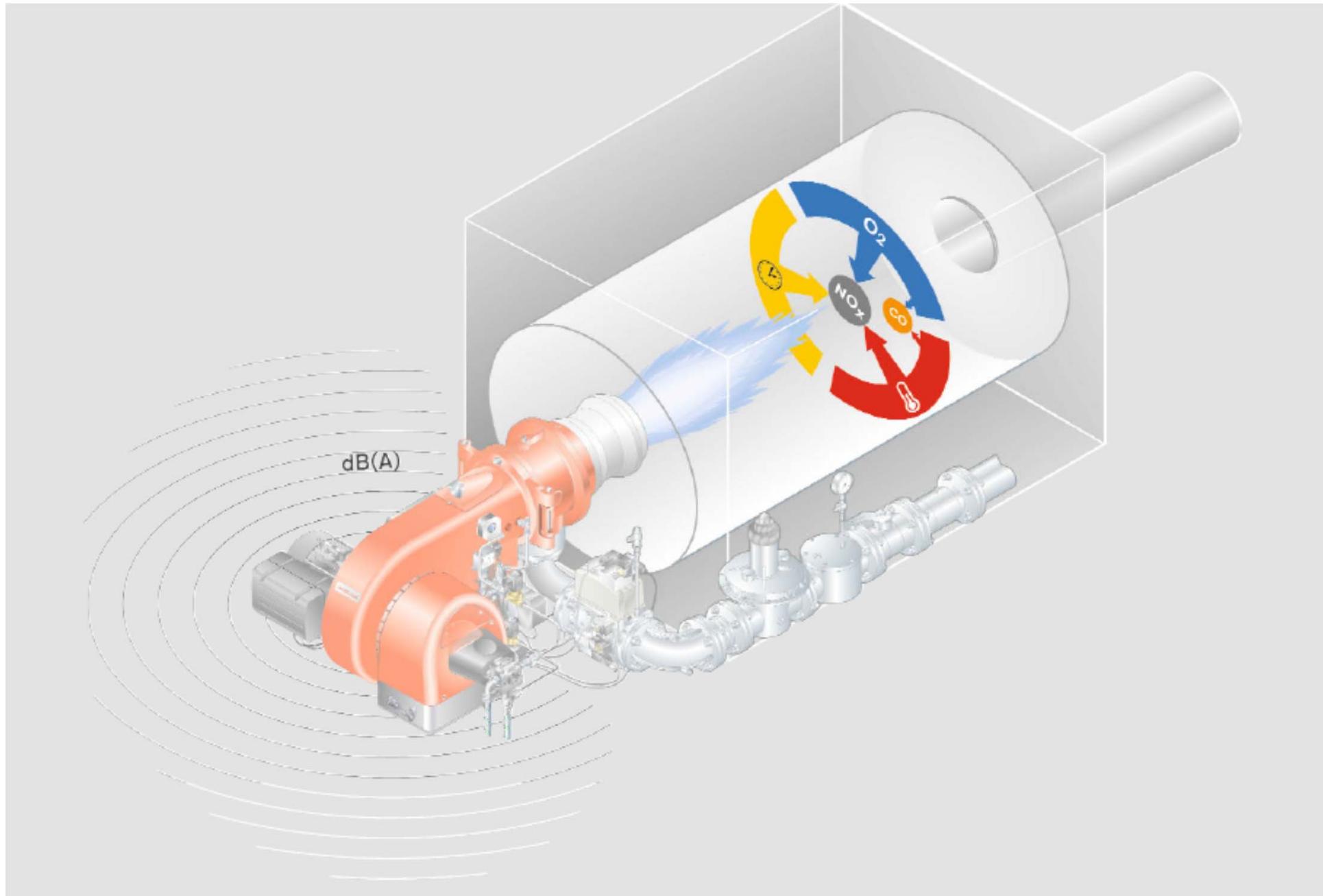
RESULTANTE DE INTERCAMBIO TERMICO EN RECUPERADOR					
Temperatura aire precalentado	°C	133			
Mejora rendimiento combustion	%	3,85			
Potencia recuperada	kW	209			
Energia anual recuperada	kWh/año	354.151			
Reducción anual combustible	Nm3	34.217	Ahorro anual	€	11.634

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			

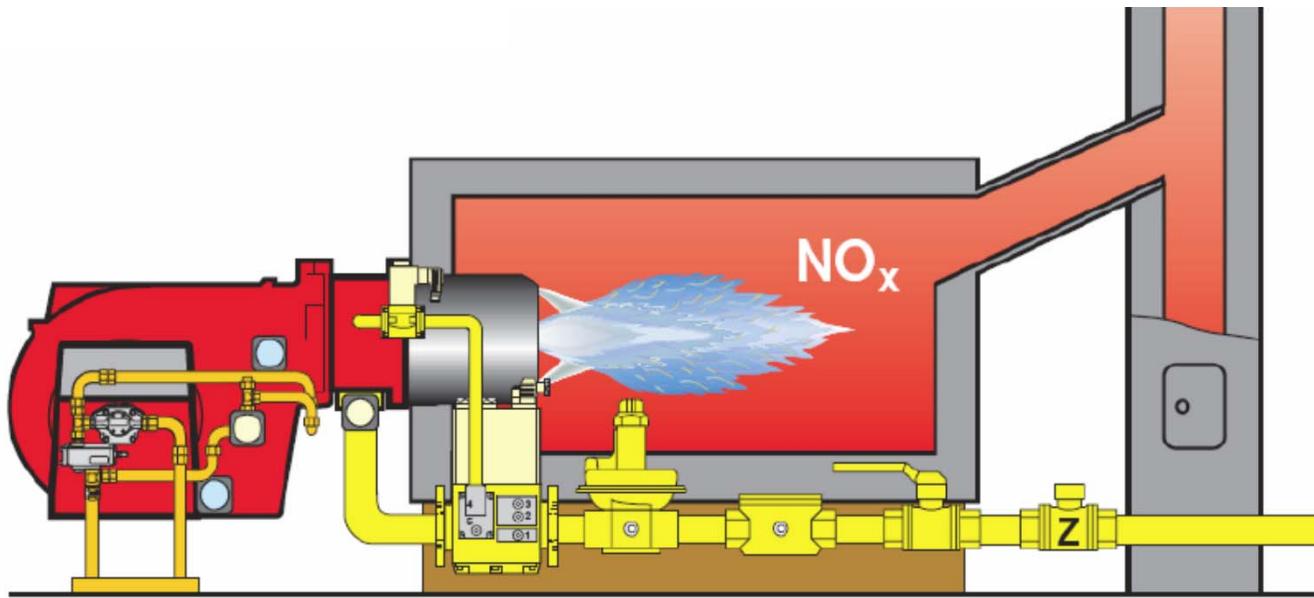


Resumen

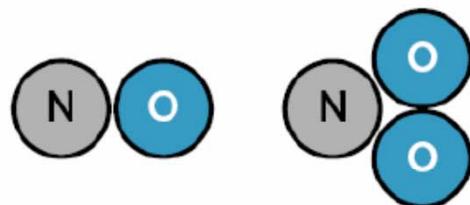
- Quemador digital modulante
- Variación de velocidad
- Control de O₂ en continuo
- Precalentamiento de aire



Sedical
Técnica para el ahorro de energía
-weishaupt-



NO_x: suma de NO y NO₂



Combustión: NO (95%) y NO₂ (5%)

Atmósfera: NO reacciona a NO₂

Unidades de medida:

ppm = partes por millón ej.: 50 ppm

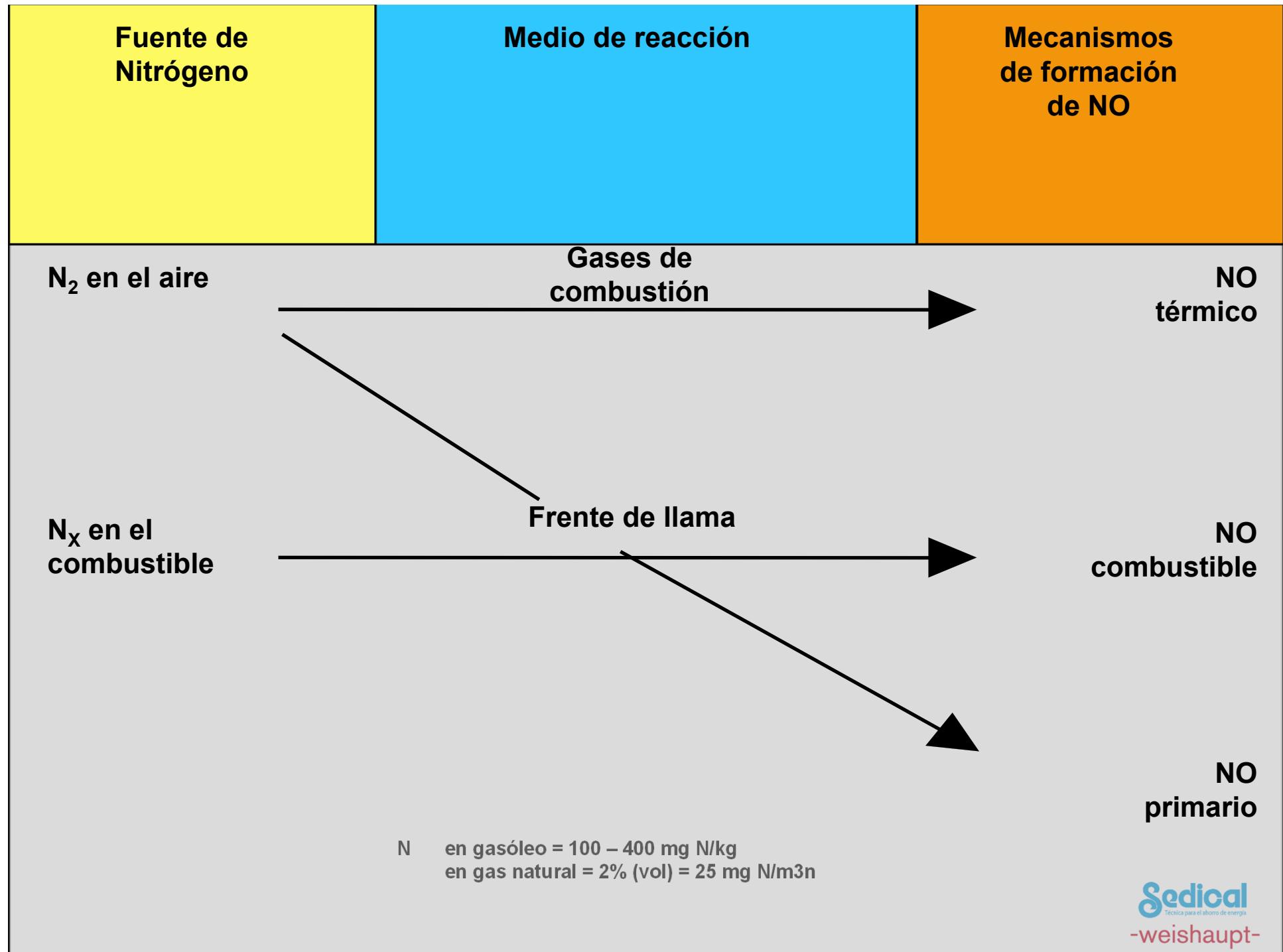
mg/kWh ej.: 102,9 mg/kWh

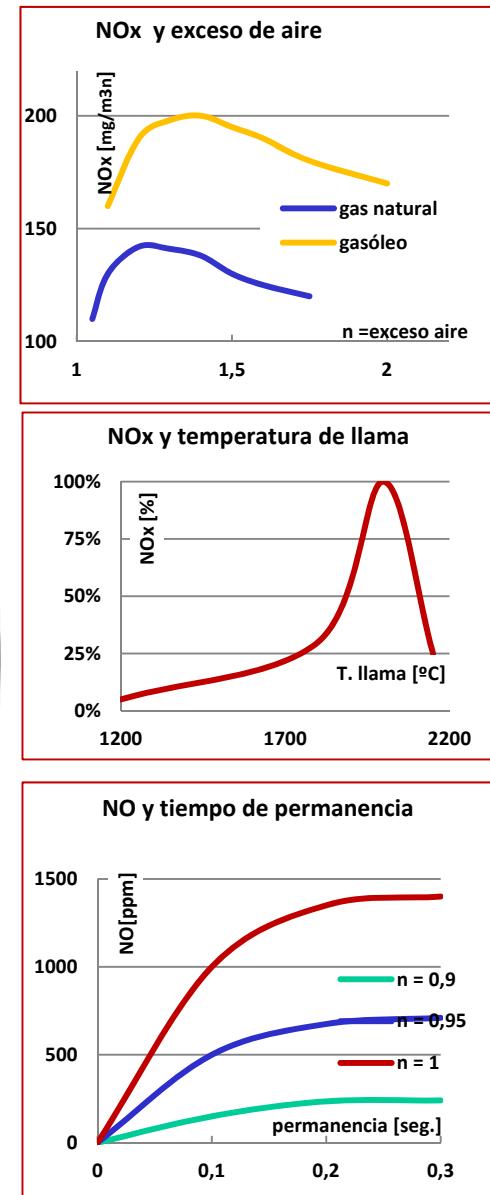
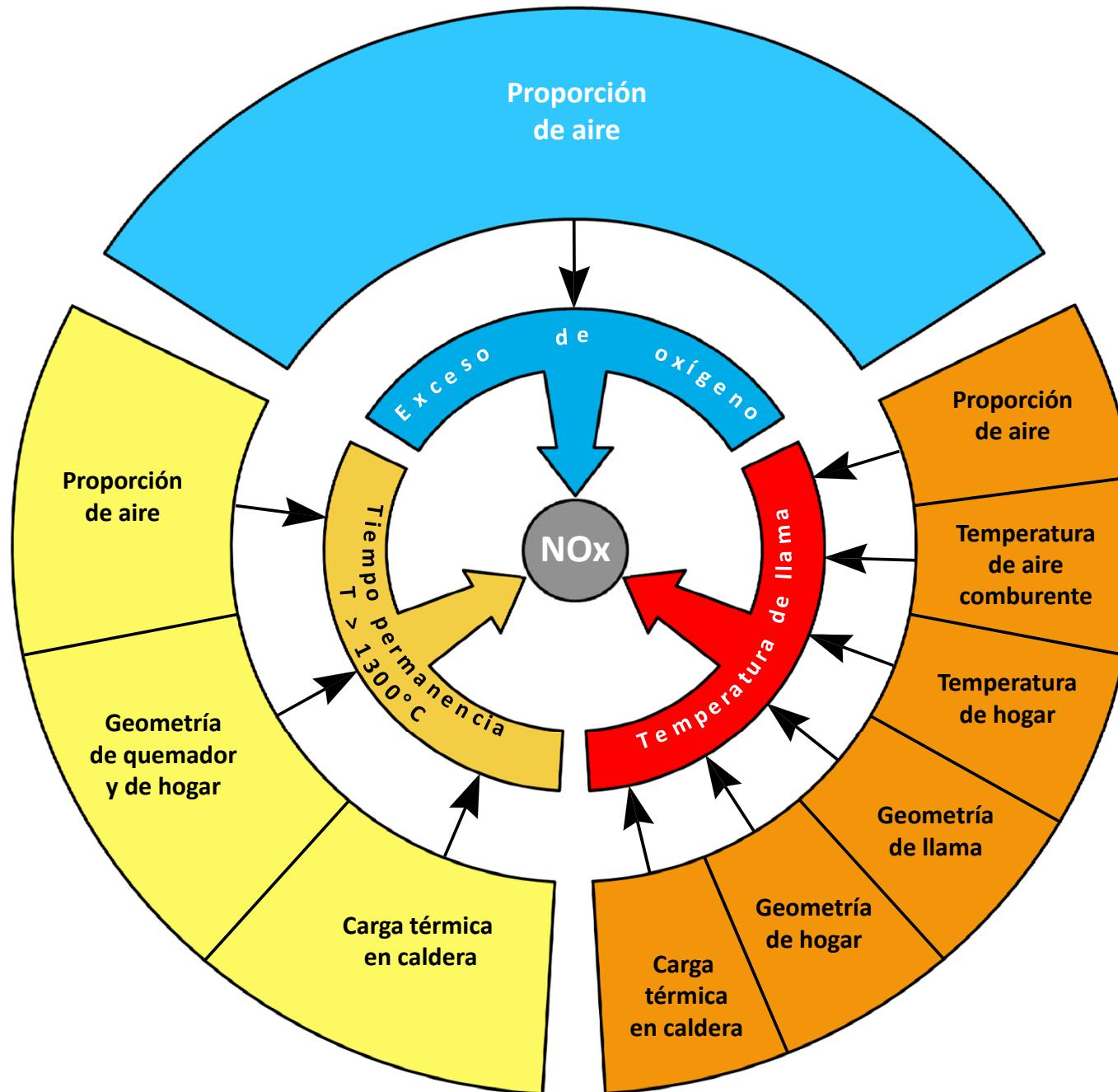
mg/m³_n ej.: 102,8 mg/m³_n

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

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/m ³ _n	ej.: 102,8 mg/m ³ _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 \geq 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 MW \leq Potencia < 50 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 MW
- 01.01.2030 instalaciones existentes \leq 5 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	-	-
fueloleo	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	-	-
fueloleo	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	-	-
fueloleo	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

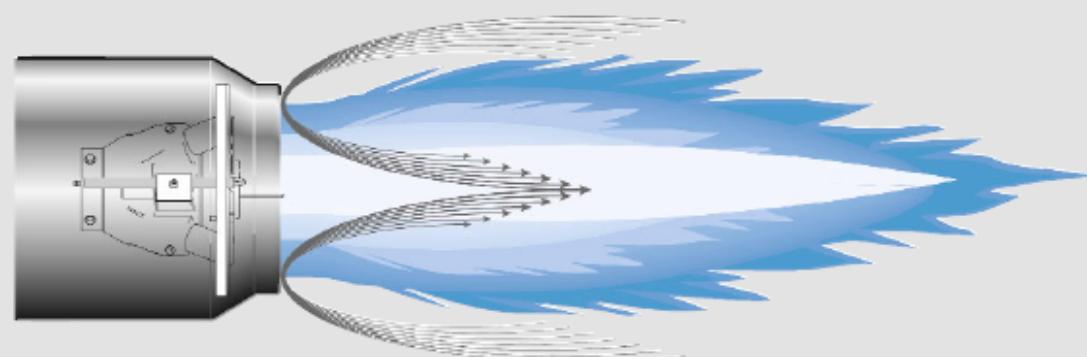
- Con un reparto definido del combustible del centro hacia afuera se evita una raíz de llama excesivamente caliente ($> 1300^{\circ}\text{C}$)
- La recirculación adicional permite una postcombustión de los gases de calentamiento



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.



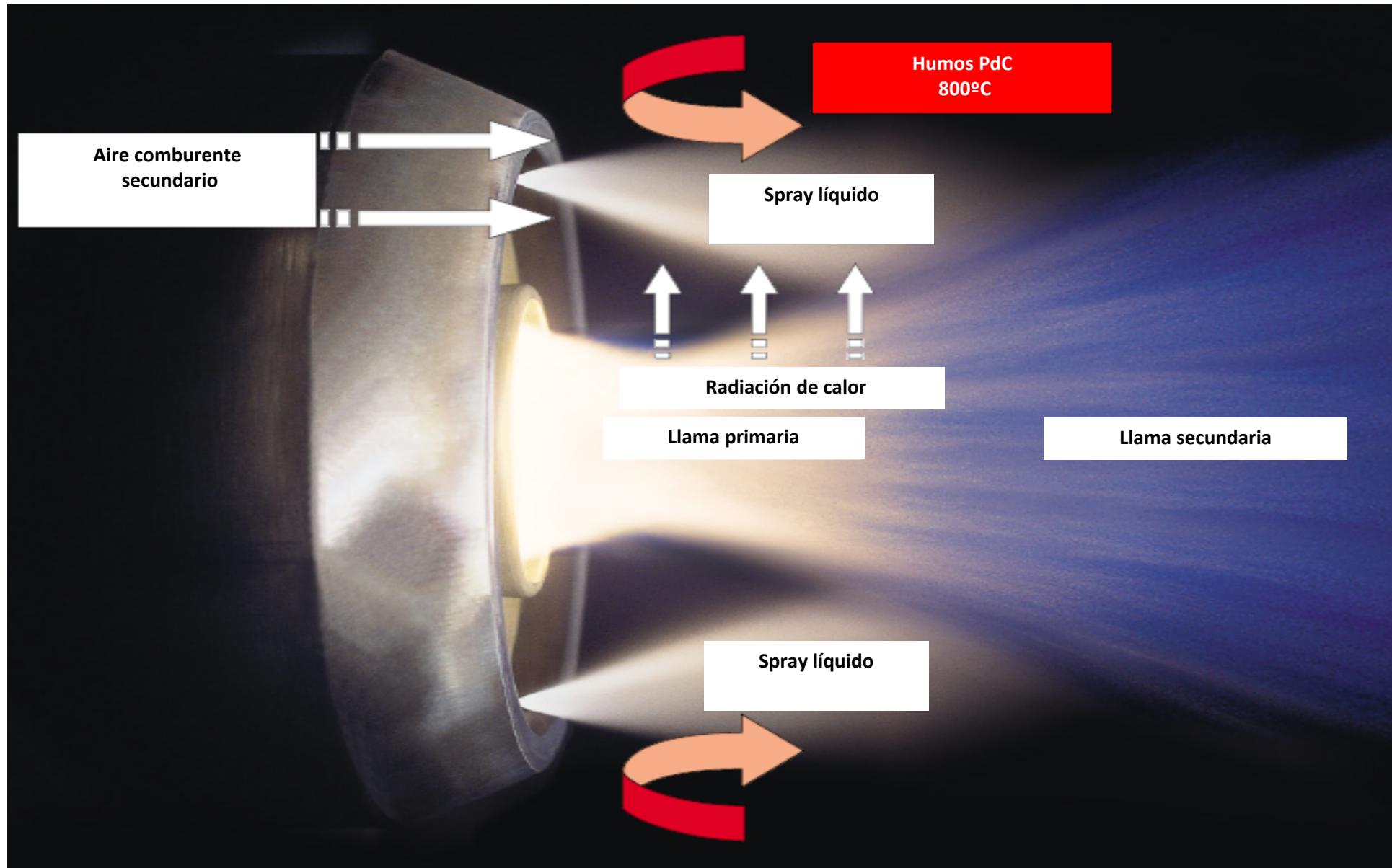
Reducción NOx por recirculación interna

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.



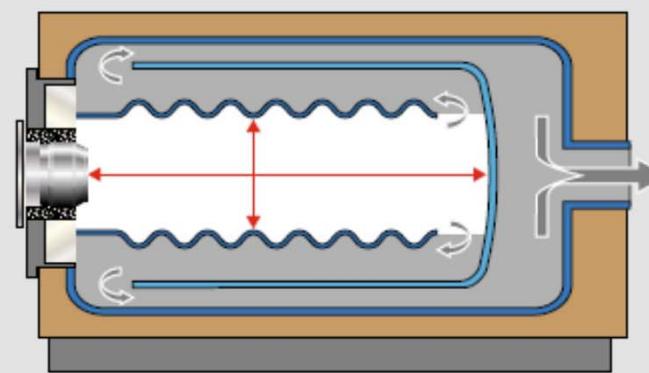


Sistema 3LN - multiflam®:

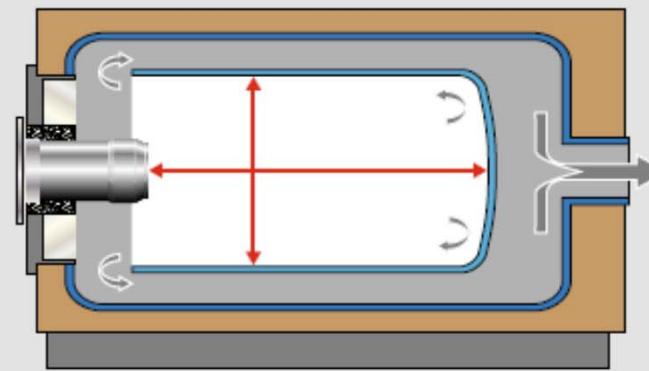
Gasificación del combustible líquido finamente pulverizado
Recirculación interna de humos

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

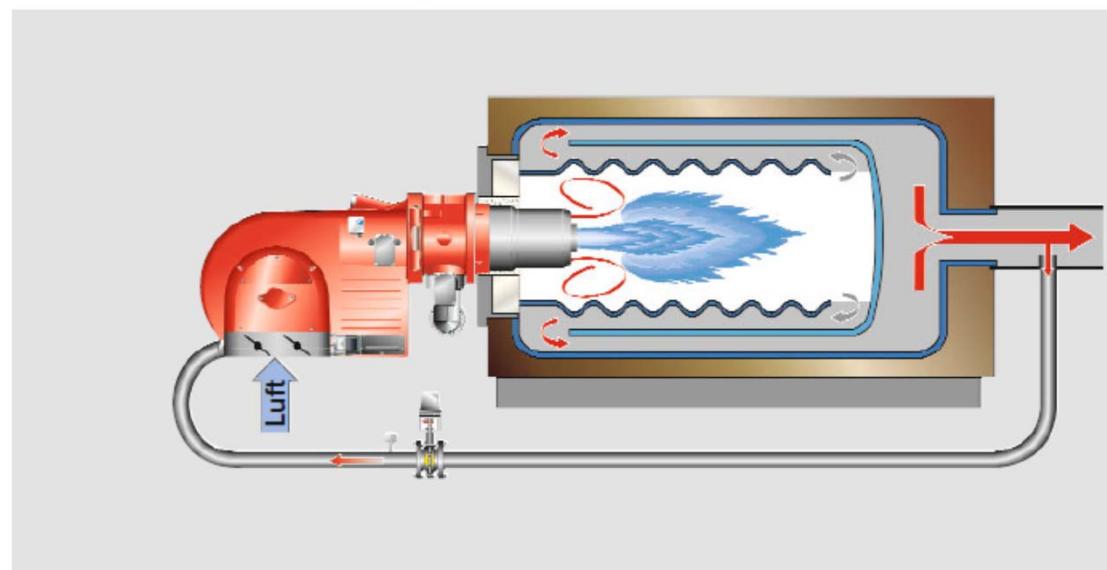
- ⇒ Reducción del oxígeno disponible en la zona de reacción
- ⇒ Reducción de la temperatura de llama

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



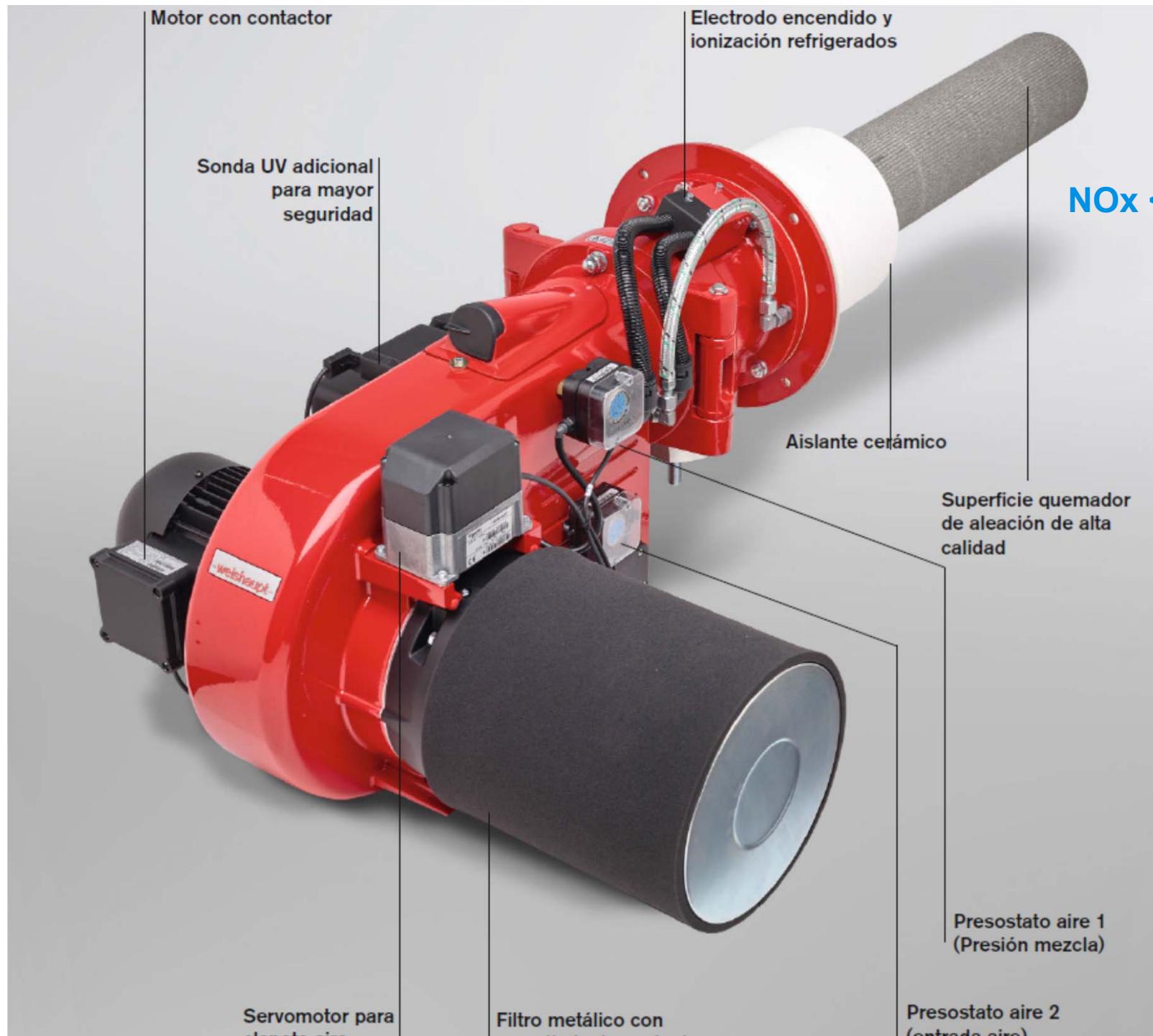
Reducción NOx extrema



Quemador PLN

NOx < 30 mg/m³n

Sedical
Técnica para el ahorro de energía
-weishaupt-



<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 Loriente	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