

## Soluciones de eficiencia energética en instalaciones de combustión

**Eduardo J. Lázaro Aguirre**

Ingeniero Industrial Director Departamento Técnico de Sedical

*Las instalaciones de combustión -residencial, comercial o industrial- son consumidores de combustible y energía eléctrica con un gran potencial de mejora de la eficiencia y de ahorro. Aunque ya hay experiencias de modernización con "Gestión Energética", en general, no se han aprovechado todas las posibilidades. En este artículo se proponen técnicas de mejora de eficiencia energética –a utilizar de forma conjunta o separada-, con las cuales el grupo quemador y generador cumple tres requisitos básicos: elevado rendimiento, reducidas emisiones y seguridad de funcionamiento. Los actuales equipos de gestión electrónica de la combustión facilitan su aplicación en una gran variedad de instalaciones, con períodos de amortización notablemente inferiores a cinco años según los casos.*

### INTRODUCCIÓN

Se trata de técnicas de mejora de la eficiencia energética en la combustión con quemadores de ventilación forzada, para calefacción, climatización o procesos.

El quemador aporta aire y combustible y los mezcla de forma adecuada para su correcta combustión. El aire aportado es superior al teórico, para evitar inquemados, emisiones peligrosas y reducción del rendimiento. El exceso de aire implica pérdidas con los humos de la combustión.

Las técnicas de mejora de la eficiencia y ahorro de energía que actúan sobre el aporte de aire, son:

- ▶ La modulación del quemador, sin escalones, reduce paradas y pérdidas de disponibilidad.
- ▶ El control de velocidad reduce la energía eléctrica consumida por el motor del quemador.
- ▶ El control continuo del exceso de oxígeno mejora el rendimiento de la combustión.

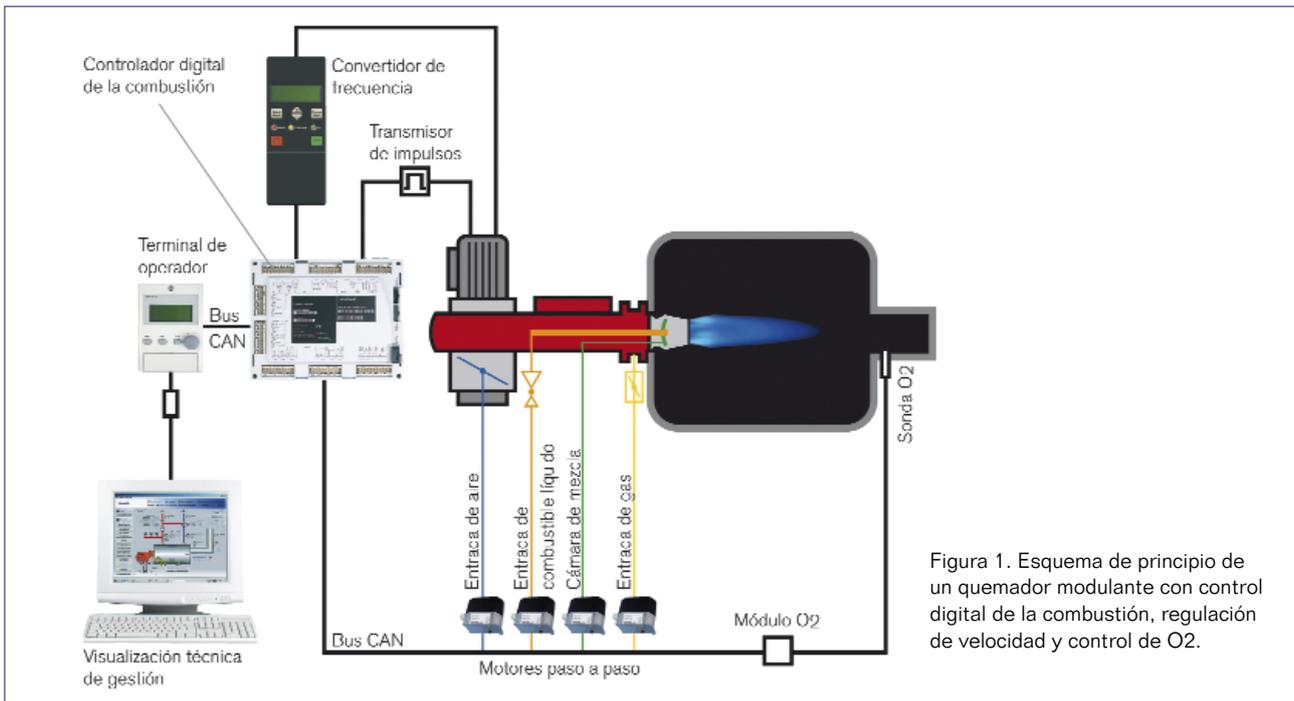


Figura 1. Esquema de principio de un quemador modulante con control digital de la combustión, regulación de velocidad y control de O2.

Los modernos quemadores de control electrónico utilizan servomotores con microprocesador, de alta precisión en el posicionamiento, para mayor eficiencia, por eliminar desajustes mecánicos.

**POTENCIAL DE MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**CONTROL DE VELOCIDAD DEL VENTILADOR DE AIRE COMBURENTE**

Al reducir la velocidad de un motor eléctrico disminuye el consumo de energía eléctrica y el nivel sonoro (figura 2).

La regulación de potencia integrada en el controlador del quemador calcula la demanda, para

que el control de la mezcla fije la posición de los servomotores y la consigna de velocidad del motor, con la cual el convertidor de frecuencia define tensión y frecuencia. La velocidad real medida en el motor se envía al controlador del quemador, formando así lazo de seguridad.

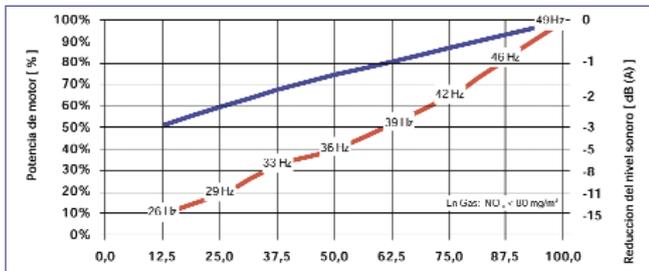


Figura 2. Ahorro en potencia eléctrica absorbida por el motor de un quemador (y reducción del nivel sonoro). Quemador funcionando al 50% de su potencia: a velocidad variable (a 36Hz) consume casi la mitad que en la misma potencia a velocidad constante (50Hz).

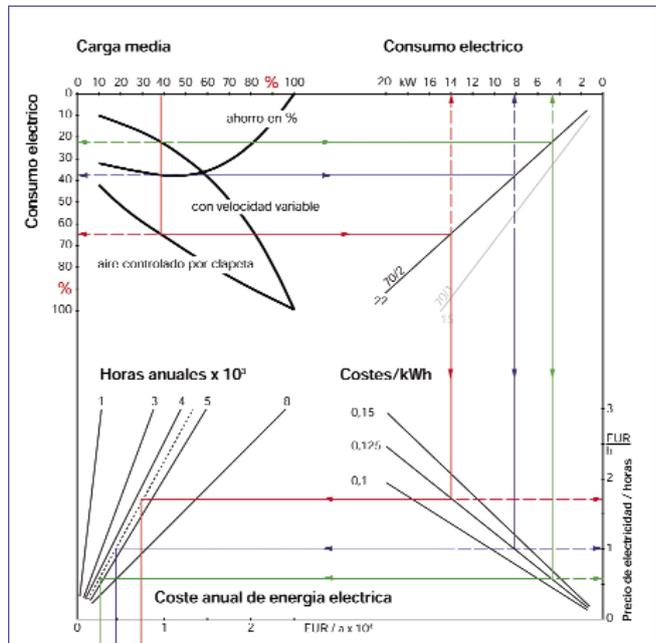


Figura 3. Gráfica para una estimación simplificada del ahorro de energía eléctrica por variación de velocidad Quemador de gas natural de potencia nominal = 7,5 MW, trabaja 4.500 horas/año al 40% de potencia promedio. El control de velocidad reduce el consumo eléctrico en aprox. 2.500 Euros al año.

## CONTROL DEL EXCESO DE OXÍGENO EN LOS HUMOS

El aire se aporta en cantidad superior a la teórica para garantizar que no se producen inquemados. Los inquemados implican pérdida de rendimiento y emisiones nocivas. Es necesario mantener un margen de seguridad para compensar oscilaciones de magnitudes ambientales

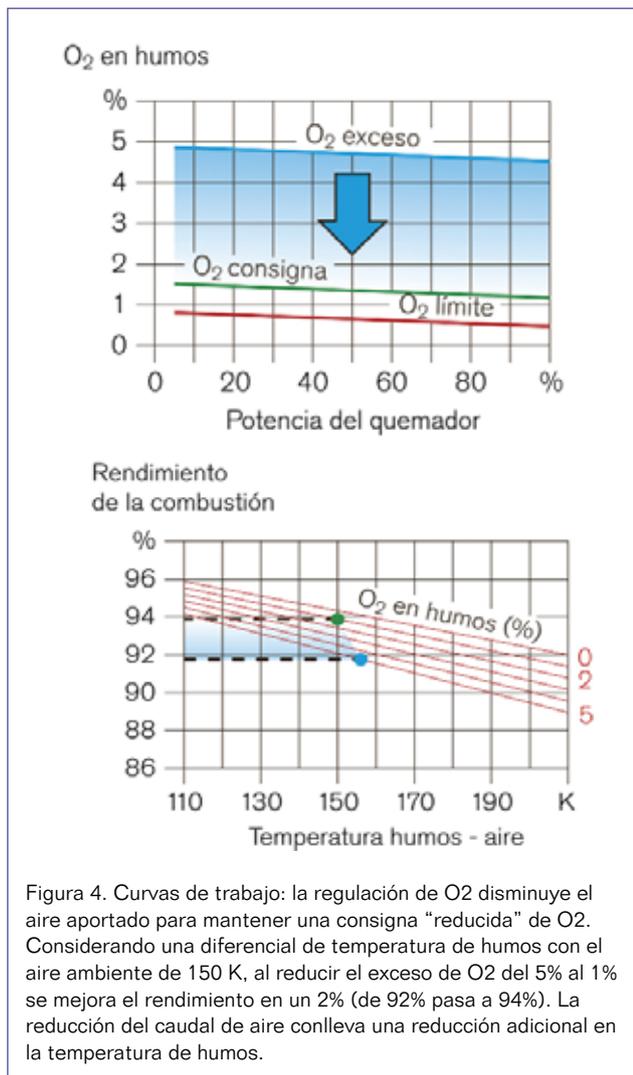


Figura 4. Curvas de trabajo: la regulación de O<sub>2</sub> disminuye el aire aportado para mantener una consigna "reducida" de O<sub>2</sub>. Considerando una diferencial de temperatura de humos con el aire ambiente de 150 K, al reducir el exceso de O<sub>2</sub> del 5% al 1% se mejora el rendimiento en un 2% (de 92% pasa a 94%). La reducción del caudal de aire conlleva una reducción adicional en la temperatura de humos.

y del combustible. El control en continuo de O<sub>2</sub> en humos permite trabajar con un margen de seguridad más estrecho, dado que el exceso (o la falta) real de O<sub>2</sub> está vigilado de forma permanente.

A partir de la demanda de potencia calculada por la regulación integrada, el control de la mezcla establece la posición del servomotor de combustible. La del actuador de aire (o la velocidad del variador de frecuencia si lo hay) se establece para conseguir una consigna "reducida" de oxígeno.

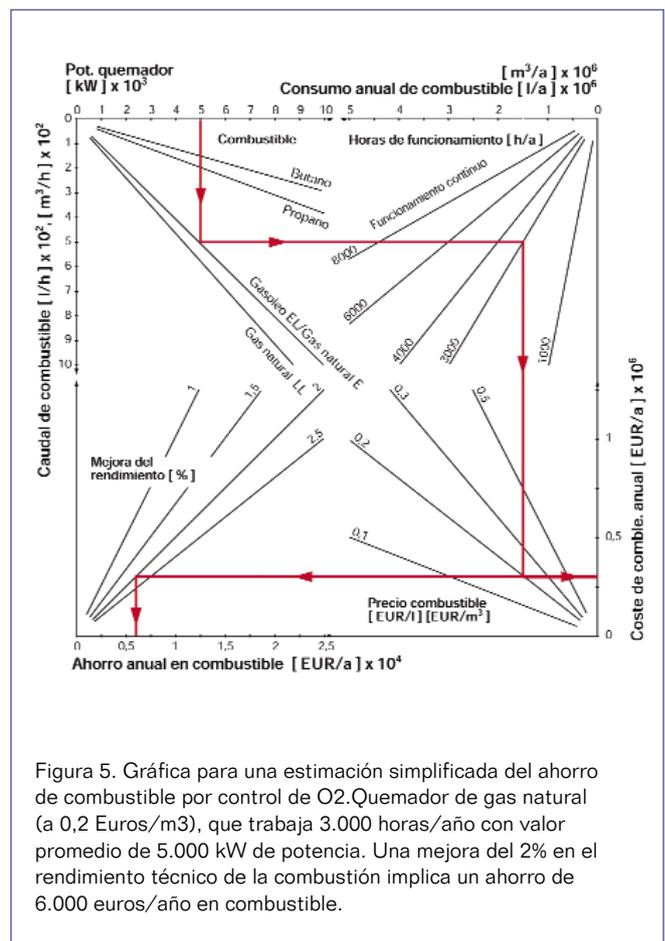


Figura 5. Gráfica para una estimación simplificada del ahorro de combustible por control de O<sub>2</sub>. Quemador de gas natural (a 0,2 Euros/m<sup>3</sup>), que trabaja 3.000 horas/año con valor promedio de 5.000 kW de potencia. Una mejora del 2% en el rendimiento técnico de la combustión implica un ahorro de 6.000 euros/año en combustible.

Magnitud	Variación de la magnitud	Variación del O <sub>2</sub> en humos
Temperatura del aire de combustión	10 K	0,50%
Presión de aire	10 mbar	0,20%
Humedad del aire	2%	0,40%
P.C.I. de combustible	7,50%	1,50%
Presión del gas combustible	10%	7% (de la potencia del quemador)

Tabla 1. Efecto de algunas magnitudes sobre el exceso de O<sub>2</sub> en los humos

El sensor de O<sub>2</sub> mide en tiempo real el oxígeno en humos; el controlador lo compara con la consigna "reducida" y determina si es necesaria una corrección en la cantidad de aire aportado.

## MEJORA DE LA EFICIENCIA EN UNA PLANTA DE PRODUCTOS LÁCTEOS

En el balance energético de la generación de calor hay que considerar:

- ▶ El calor útil, descrito por la potencia nominal, por el perfil de carga y por el tipo de caldera.
- ▶ Las pérdidas de calor en humos de la combustión, a los alrededores y por disponibilidad.

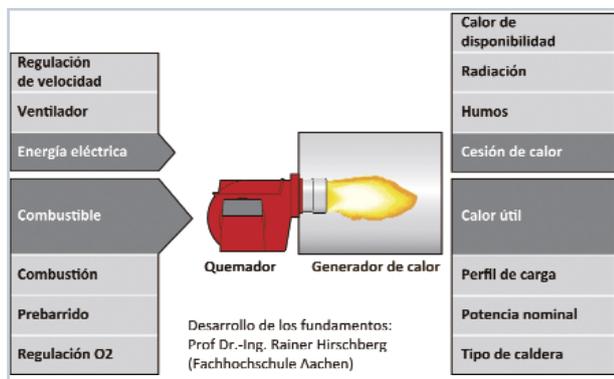


Figura 6. Fundamentos para el cálculo de la mejora en la eficiencia energética de una planta de combustión

Tipo de caldera	Vapor
Potencia útil nominal	8.420 [kW]
Rendimiento de la caldera	90%
Pérdidas por disponibilidad de servicio	2,50%
Factor de energía primaria	0,67 kg/kWh
Precio del gasóleo	0,3 €/litro
Precio del gas	0,21 €/m <sup>3</sup>
Precio de la energía eléctrica	0,09 €/kWh
Tiempos de funcionamiento gasóleo/gas	25% / 75%

Tabla 2. Algunos de los datos necesarios para cálculo de la mejora de la eficiencia, planta láctea.

- ▶ Detallado cálculo de la combustión para cualquier combustible.
- ▶ Regulación del exceso de aire.
- ▶ Potencia de ventilador y de motor a potencias total y parcial.
- ▶ Regulación del quemador por etapas y modulante.
- ▶ Consideración de las características del producto.

Con este balance y los precios correspondientes, puede estimarse el ahorro anual de combustible y energía eléctrica así como la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Y a partir de los ahorros, se estiman los tiempos de amortización previstos para la inversión a realizar. Para esta fase se necesitan datos tasas de interés, incrementos previsibles en los precios, etc.

Este procedimiento ha permitido estimar el ahorro a conseguir por la sustitución de algunos quemadores acoplados a calderas para la producción de vapor en instalaciones de la industria láctea. Presentamos a continuación uno de estos casos.

La tabla 2 y la figura 7 son los datos de partida necesarios para el cálculo de la mejora de la eficiencia y el ahorro de energía. La tabla 3 resume los resultados conseguidos.

Para esta instalación se seleccionó un nuevo quemador bi-combustible, gas natural y gasóleo, con control electrónico, y potencia máxima de 10.500 kW. El quemador incorporaba un motor

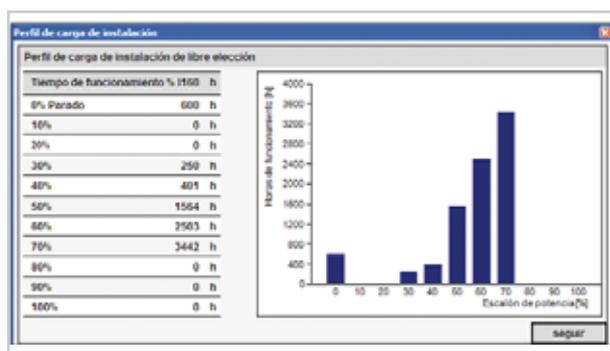


Figura 7. Perfil de carga en planta láctea (caldera de vapor)

		Caso 1: Quemador modulante + Velocidad				Caso 2: Quemador modulante + Velocidad + O <sub>2</sub>			
		Reducción del consumo de combustible		Reducción emisiones de CO <sub>2</sub>		Reducción del consumo de combustible		Reducción emisiones de CO <sub>2</sub>	
Efecto sobre el combustible	Gas	17.000	[m <sup>3</sup> /a]	35	[t/a]	56.000	[m <sup>3</sup> /a]	120	[t/a]
	Gasóleo	5.000	[l/a]	15	[t/a]	19.000	[l/a]	50	[t/a]
Efecto sobre la energía eléctrica		58.000	[kWh/a]	38	[t/a]	60.000	[kWh/a]	40	[t/a]

Tabla 3. Ahorros conseguidos en un quemador modulante con variación de velocidad y control de O<sub>2</sub>

eléctrico de 22,4 kW de potencia nominal eléctrica.

Es decir, con un quemador modulante con control de velocidad, cada año se consumen 17.000 m<sup>3</sup> menos de gas, 5.000 litros menos de gasóleo y 58.000 kWh menos de energía eléctrica, amén de las 88 toneladas de CO<sub>2</sub> cuya emisión se ha evitado.

Al añadir la regulación de O<sub>2</sub> a este mismo quemador, se evita la emisión de 210 toneladas de CO<sub>2</sub> y se consumen 56.000 m<sup>3</sup> menos de gas así como 19.000 litros menos de gasóleo, cada año.

## EFFECTOS EN EL AHORRO DE ENERGÍA

La reducción del combustible en el Caso 1 se debe al uso de un quemador cuyo campo de trabajo se adapta bien a la potencia útil de la caldera y al amplio rango de modulación.

La regulación de velocidad tiene, en general, un efecto tanto más notable cuanto más tiempo trabaja el quemador a potencias intermedias (50% a 80% de la carga del quemador), como es el caso.

En el Caso 2 de la tabla 3, es el control de oxígeno el que fundamentalmente reduce el consumo de combustible: al reducir el exceso de oxígeno se mejora el rendimiento técnico de la combustión.

Por tener control de O<sub>2</sub>, además de variación de velocidad, hay una reducción adicional en el consumo eléctrico: para reducir el aire en exceso el control disminuye la velocidad del motor.

## CONCLUSIONES

Las instalaciones de combustión tienen un elevado potencial de mejora de la eficiencia energética, de reducción del combustible consumido, de reducción del consumo de energía eléctrica y de reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

En la instalación utilizada como ejemplo, con los datos de precios e incrementos anuales estimados de combustible y electricidad, tasas de interés, etc., que fueron aportados al cálculo, se estimaron unos ahorros de más de 22.000 euros/año en combustible y energía eléctrica y un período de amortización de 4,4 años.

## BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Hirschberg, Prof. Ing. R. (2008).: "Energieeffiziente Gebäude - Bau- und anlagentechnische Lösungen", Verlagsgesellschaft Rudolf Müller
- ▶ IDAE: Guía Técnica "Procedimiento de inspección periódica de eficiencia energética para calderas"
- ▶ ASHRAE: Guideline 14. Measurement of Energy and Demand Savings.
- ▶ UNE-EN 12953-11: Calderas piro-tubulares. Parte 11: Ensayos de recepción.
- ▶ EVO Efficiency Valuation Organization. IMVP Protocolo Internacional de Medida y Verificación. Conceptos y Opciones para determinar el Ahorro de Energía y Agua. Volumen 1. Edición de Septiembre 2010 / EVO 10000 – 1:2010 (Es) ■