

# Bajar la temperatura de los gases de combustión hasta 25 °C para “retrasar” los efectos del cambio climático



**Mar 5.0 Agua y Energía, SLU**

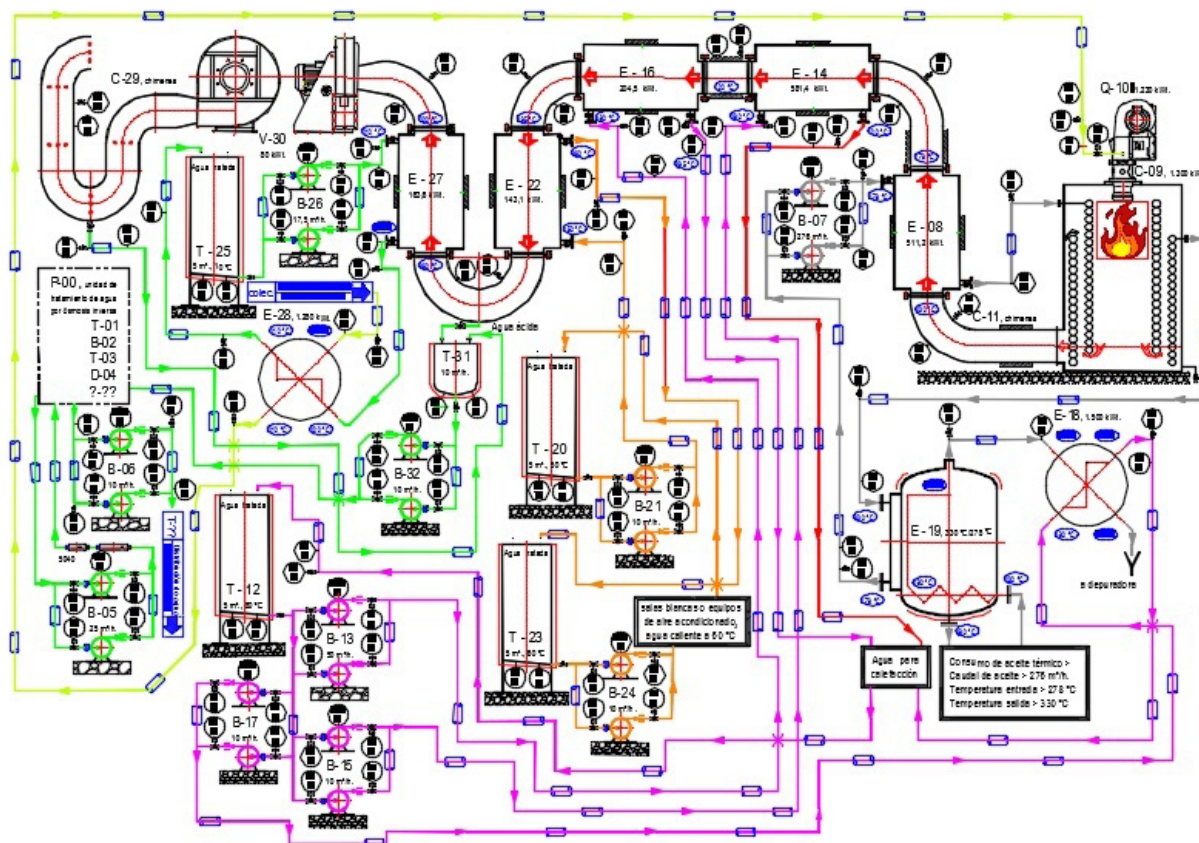
En el presente trabajo se expone la solución de una caldera que usa gas natural como combustible, que calienta 276 m<sup>3</sup>/h. de aceite térmico, a 330 °C, con un gradiente de 51,5 °C, y en la que la temperatura de los gases de combustión se ha rebajado de 430 °C a 25 °C.

Todos los combustibles al quemarse generan agua (vapor de agua), CO<sub>2</sub>, otros productos y energía térmica. Además del agua que se forma en la combustión del gas natural, hay un agua que entra con la humedad del aire (oxígeno), necesario para la combustión del combustible. Es importante medir la humedad del aire que varía a lo largo de las horas del día hasta las estaciones del año (primavera, verano, otoño e invierno). Para conocer la cantidad de agua que entra en la caldera, hay que medir lo que se denomina humedad específica en gramos de agua por kilogramo de aire, y los kilogramos de aire necesarios en la combustión que entran en el quemador. Se trata de rebajar la temperatura de los gases de combustión que, en el inicio de la salida de la caldera hacia la chimenea, tienen una temperatura superior a los 430 °C, así como una cantidad importante de vapor de agua: el agua que se ha formado en la combustión y el agua que ha entrado con la humedad del aire necesario para la combustión.

Esta caldera está diseñada para calentar aceite térmico entre 278,5 °C a 330 °C, y la temperatura de los gases de combustión al inicio de la chimenea será de 430 °C. Los gases de combustión llevarán vapor de agua: la que se ha formado por la combustión del gas natural y la que ha "entrado" con la cantidad de aire necesario para la combustión en forma de humedad (esta es una variable "climática").

» Para conocer la cantidad de agua que entra en la caldera, hay que medir lo que se denomina humedad específica en gramos de agua por kilogramo de aire, y los kilogramos de aire necesarios en la combustión que entran en el quemador

El proceso consiste en colocar cinco economizadores en serie en la chimenea. La posición de los economizadores requiere una geometría especial, y colocamos un extractor para "corregir" la pérdida de carga de los economizadores. Tras este proceso, los gases de combustión tendrán una temperatura de 25 °C, y todo el vapor de agua que lleven los gases de combustión al llegar a los 25 °C se ha transformado en agua saturada a 25 °C, aportando una gran cantidad de energía térmica. Si aprovechamos toda la energía térmica que recuperamos, lograremos una rebaja importante del CO<sub>2</sub> por ahorro de combustible.



Los consumos y producción será la siguiente:

- La cantidad de gas natural consumido: 660.167,9 kg/año.
- La cantidad de aire necesario para la combustión: 18.752.446,19 kg/año, incluido el 5 % de exceso de aire

- La cantidad de gases de combustión generados: 13.613.810,766 kg/año.
- La cantidad de agua generada en la combustión del gas natural: 1.713.566,314 kg/año. de agua (gas natural).
- La cantidad de agua máxima que ha entrado con la humedad del aire: 953.936,937 kg/año.

TABLA RESUMEN			
Descripción	kWt. año	Euros año	Notas
<b>Cálculo los kWe. ahorrados</b>			
Agua aire acondicionado	?.????.???,0	???.???,0	Pendiente de información
Agua salas “blancas” a 5 °C	?.????.???,0	???.???,0	Pendiente de información
Agua “torre” a 30 °C	?.????.???,0	???.???,0	
Total kWe. energía eléctrica	?.????.???,0	???.???,0	???.???,00 € año, retorno
Para la caldera			
Economizador E – 08,	100.678.872,0	3.020.336,16	
Economizador E – 14,	4.217.820.672,0	126.534.620,16	
Economizador E – 16,	654.412.512,0	19.632.512,0	
Economizador E – 22,	916.178.016,0	824.560,21	
Economizador E – 27,	1.047.060.144,0	31.411.804,32	
“Energía” vapor↔agua	15.295.159.702,0	458.854.791,06	
“Energía total” caldera 01	22.231.309.618,0	640.278.623,91	Se recupera el 98,03 % energía térmica
Retorno anual energía térmica	22.231.309.618,0	640.278.623,91	640.278.623,91 € año, retorno parcial
Agua en m <sup>3</sup> /h. año, caldera	16.646.313.396,96	30.962.142.918,34	Coste de 1 m <sup>3</sup> . de agua →1,86 €
Suma “energía” + CO <sub>2</sub> + agua	22.231.309.618,0	31.602.836.611,37	31.602.836.611,37 € año, retorno total
Consumo inútil combustible	<b>5.469.765.704,2</b>	164.092.971,1	Máximo por calentar 953.936,9 kg. agua
Humos chimenea a 20 °C	523.530.174,0	<b>15.705.905,22</b>	<b>Se “tiran” (chimenea) 15.705.905,22 €</b>
	kg. año de CO <sub>2</sub> . de ahorro		
Ahorro CO <sub>2</sub> → 415.069,12 €	5.066.657,44 kg. año CO <sub>2</sub>		<b>1.856.966,34 kg. año gas natural ahorro</b>
	Pendiente de información		<b>Agua aire acondicionado</b>
Ahorro CO <sub>2</sub> → ???.???,?? €	Pendiente de información		<b>Agua de “torre” a 30 °C</b>
Ahorro CO <sub>2</sub> → ???.???,?? €	5.066.657,44 kg. año CO <sub>2</sub>		<b>Total de CO<sub>2</sub> ahorrado</b>

» Se expone la solución de una caldera que usa gas natural como combustible, que calienta 276 m<sup>3</sup>/h. de aceite térmico, a 330 °C, con un gradiente de 51,5 °C, y en la que la temperatura de los gases de combustión se ha rebajado de 430 °C a 25 °C

## ECONOMIZADORES

1.- El primer economizador E – 08 (en el lado gases de combustión serán 13.613.810,766 kg/h.):

- El economizador E – 08 permitiría aprovechar la temperatura de los gases de combustión para precalentar el aceite térmico que tiene que “entrar” en la caldera y rebajar la temperatura de los gases de combustión que se “tiran” por la chimenea.

- Lado gases de combustión: al inicio del economizador E – 08 la temperatura es de 430 °C y a la salida 330 °C; lado aceite: el aceite entra a 278,5 °C y sale a 281 °C, que será la temperatura de entrada a la caldera de aceite.

2.- El segundo economizador E – 14 (en el lado gases de combustión serán 13.613.810,766 kg/h.):

- El economizador E – 14 rebaja la temperatura de los gases de combustión de 281,13 °C a 120 °C y, por el lado agua, eleva la temperatura del agua saturada de 80 °C a 120 °C.

- Lado gases de combustión: al inicio del economizador E – 14 la temperatura es de 281,13 °C y a la salida 120 °C; lado agua: el agua entra a 80 °C a contracorriente y sale agua saturada a 120 °C

3.- El tercer economizador E – 16 (en el lado gases de combustión serán 13.613.810,766 kg/h.):

- El economizador E – 16 rebaja la temperatura de los gases de combustión de 120 °C a 95 °C y, por el lado agua, eleva la temperatura del agua saturada de 80 °C a 95 °C.

- Lado gases de combustión: al inicio del economizador E – 16 la temperatura es de 120 °C y a la salida 95 °C.; lado agua: el agua entra a 80 °C a contracorriente y sale agua saturada a 95 °C.

4.- El cuarto economizador E – 22 (en el lado gases de combustión serán 13.613.810,766 kg/h.):

- El economizador E – 22 rebaja la temperatura de los

gases de combustión de 95 °C a 60 °C y, por el lado agua, eleva la temperatura del agua saturada de 50 °C a 60 °C.

- Lado gases de combustión: al inicio del economizador E – 20 la temperatura es de 95 °C y a la salida 60 °C.

- Lado agua: el agua entra a 50 °C a contracorriente y sale a 60 °C, que será la temperatura de entrada a la caldera.

5.- El quinto economizador E – 27 (en el lado gases de combustión serán 13.613.810,766 kg/h.):

- El economizador E – 27 rebaja la temperatura de los gases de combustión de 60 °C a 20 °C y, por el lado agua, eleva la temperatura del agua saturada de 10 °C a 20 °C.

- Lado gases de combustión: al inicio del economizador E – 25 la temperatura es de 60 °C y a la salida 20 °C.

- Lado agua: el agua entra a 10 °C a contracorriente y sale a 20 °C.

## CONCLUSIONES

- Si el coste de un kWt. de gas natural: 0,03 €.

- El consumo máximo inútil de combustible: 5.469.765.704,2 kWt. año - 164.092.971,1 € año.

- El ahorro de CO<sub>2</sub> viene expresado en la tabla y asciende a 5.066.657,44 kg/año de CO<sub>2</sub> - 415.069,12 € año

- Se recupera el 98,03 % de la energía térmica que se “tiraba” por la chimenea.

- Se recuperan como máximo 23.047.228.088,64 kg/año de agua destilada pH 5.

- El retorno total sería de 31.602.836.611,37 € año para una caldera que puede tener un coste inferior a 700.000,0 €.

- Este tipo de calderas se emplean en la industria de la cosmética, en la química fina, en la industria de la alimentación, en la industria de la fabricación de moldes de plásticos.

Nota: La patente de invención “Sistema para la recuperación de energía térmica de gases de combustión” fue solicitada el 29 de noviembre de 2018, presentada electrónicamente el 21 de agosto de 2019 y el título de patente de invención se otorgó el 3 de junio de 2020, con el número ES.2.763.635 B2. La patente es propiedad de Mar5.0 Agua y Energía SLU, con la que provisionalmente se puede contactar por correo ordinario al Apartado de correos 56, 08760 Martorell, Barcelona y/o el correo electrónico ingenieria@mnmd.eu. La patente describe de forma muy genérica la recuperación de la energía térmica de los gases de combustión que salen por la “chimenea” después de “usar” cualquier combustible puede ser sólido, líquido o gas. 