

Ahorro olvidado

Recuperación de calor purgas calderas.

1. Introducción

El objetivo de este artículo es llamar la atención de los operadores de plantas térmicas sobre los interesantes ahorros de combustible, que el aprovechamiento del calor presente en las purgas puede traer consigo.

El relativamente bajo costo de estos sistemas y el cada vez más alto precio de los combustibles, hacen posible que la recuperación de la inversión sea sumamente rápida.

2. La purga, un mal necesario

Al producirse la vaporización del agua en una caldera, los sólidos disueltos se concentran, pudiendo llegar a su límite de solubilidad y formar incrustaciones [1].

Para evitar la formación de incrustaciones, es necesario considerar purgas en la operación de las calderas, para mantener las concentraciones de sales dentro de los parámetros recomendados por el ABMA [2] o la norma BS-2486 [3].

La cantidad de agua de purga depende del porcentaje de retorno de condensado, de la calidad del agua de reposición y de la calidad requerida del agua de la caldera.

La calidad del agua de una caldera depende de la presión de trabajo y del tipo de caldera, pirotubular o acuotubular, requiriendo estas últimas una calidad de agua más exigente.

Para una caldera pirotubular que trabaja a 12 barg, es bastante común tener ciclos de concentración (cuociente del agua de alimentación por el agua de purga) de 8.

Un ciclo de concentración de 8, equivale a un caudal de purga igual a un 14.3 % de la producción de vapor.

Cuando el agua de reposición es de mejor calidad y/o la recuperación de condensado es mayor, los ciclos de concentración son más elevados.

El agua que se extrae de la caldera está a una temperatura y una presión elevadas: la entalpía que tiene puede **y debe** ser aprovechada.

3. Potencial de recuperación de calor en purgas.

Por lo general, las plantas térmicas disponen de un estanque de purga donde se genera vapor flash a presión atmosférica. Sin embargo, es muy usual que el vapor flash generado sea simplemente evacuado a través de un venteo y el agua remanente eliminado como R.I.L.

Si la purga es continua, el vapor flash generado, puede ser usado para alimentar al desaireador, reemplazando parte del vapor de “alta presión” consumido por este equipo.

Los desaireadores trabajan generalmente a una presión de 1.1 a 3 bara, condición para la cual la solubilidad del O_2 y CO_2 es menor.

La figura n°1 muestra la cantidad de vapor flash generada a 1 bara, 2 bara y 3 bara, por el agua descargada por las purgas de calderas.

Como ejemplo, se calcula que para una caldera que trabaja a 9 bara y para una contra presión de 1.1 bara, se genera 0.14 kg de vapor por cada kg de agua de purga (14 % en peso).

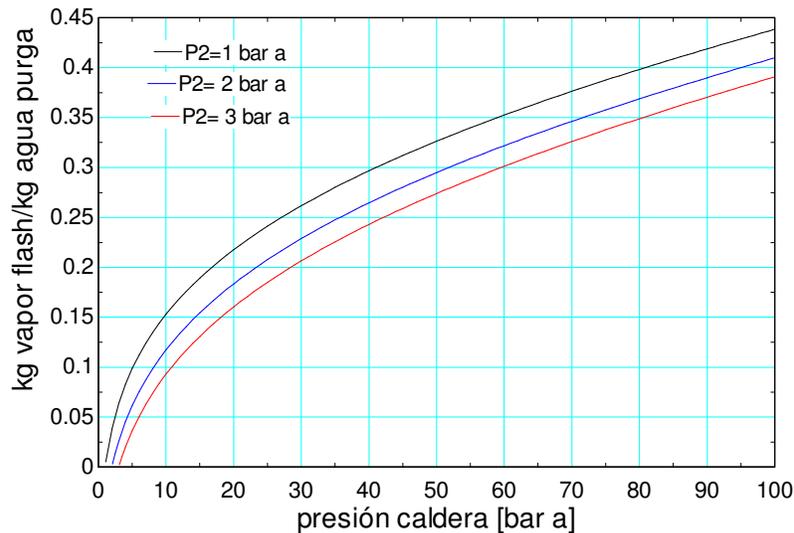


Figura 1. Cantidad de vapor flash generado.

Además de la pérdida de vapor flash, también se pierde el calor sensible presente en el agua de purga.

El calor sensible en la purga puede ser observado en el gráfico incluido en la figura n°2, preparado considerando que el agua a 15 °C y presión de 1 bara, posee una entalpía de 0 J/Kg.

Este calor sensible puede ser recuperado calentando el agua de reposición.

La recuperación, tanto del calor latente (vapor flash) como del calor sensible presente en la purga de calderas, puede ser realizada con sistemas compuestos por un estanque de expansión y un intercambiador de calor (integrado), tal como se observa en la figura N°3.

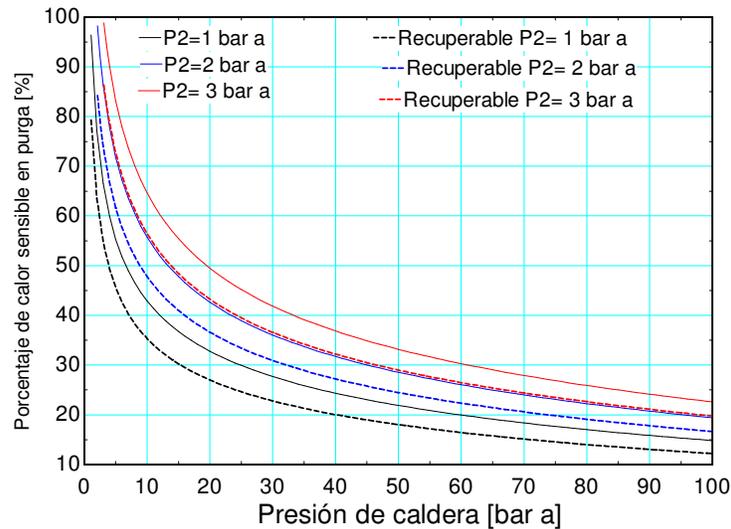


Figura 2. Cantidad de calor sensible recuperable en las purgas.

En la figura n°4 se muestra un diagrama de flujo típico, correspondiente a la implementación de estos sistemas de recuperación de calor en una planta térmica, compuesta por dos calderas.



Figura 3: Ejemplo de estanque de purga integrado, gentileza de Wilson Engineering.

En la práctica, no es posible recuperar la totalidad del calor sensible, sino que únicamente la fracción correspondiente al enfriamiento del agua de purga hasta 30 °C aproximadamente. Esta situación es mostrada a través de una línea segmentada incluida en el gráfico de la figura n°2.

Para el ejemplo anterior, el calor sensible recuperable corresponde al 83 % del calor sensible total y a un 38% del calor total contenido en el agua de purga (calor sensible + calor latente).

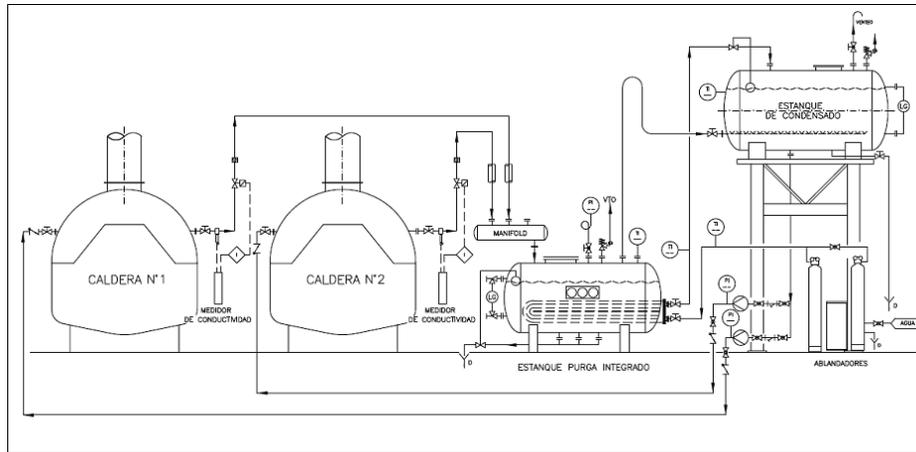


Figura 4. Diagrama de flujos típico para recuperación de calor de purga.

En la figura n°5, se presentan los ahorros de combustible, que se pueden obtener al recuperar tanto el calor latente como el calor sensible de la purga de una caldera.

Se puede apreciar que este ahorro no depende en demasía de la presión de trabajo de la caldera, pero si de los ciclos de concentración considerados en el tratamiento de agua.

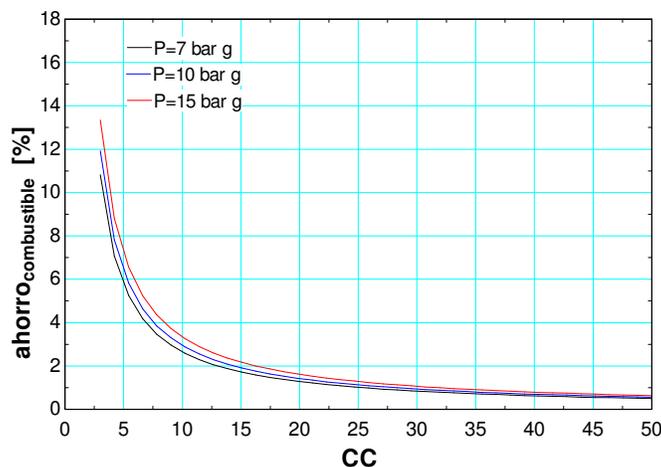


Figura 5. Ahorro de combustible en función de los ciclos de concentración, para diferentes presiones de trabajo de la caldera.

Sobre la base de lo anterior, queda en evidencia lo atractivo que resulta implementar un sistema de recuperación de calor para las purgas de calderas, cuando no es posible mejorar la calidad del agua de alimentación.

4. Ejemplo práctico

4.1 Antecedentes

A modo de aplicación práctica, hemos preparado el siguiente ejemplo, que representa condiciones reales, registradas en plantas térmicas similares a la mostrada en la figura n°4.

- Capacidad total calderas : 40 ton/h
- Factor de carga de calderas : 85%
- Presión de trabajo : 10 barg
- Rendimiento promedio de las calderas : 80% sobre PCS
- Combustible : Petróleo N°6
- PCS : 10225 kCal/kg
- Presión de trabajo desaireador : 0.1 barg
- Horas de funcionamiento al año : 3500 horas
- Recuperación de condensado : 50%
- Ciclos de concentración : 10

4.2 Condiciones de operación y ahorros

Sobre la base de los antecedentes anteriores hemos determinado que el flujo de purga es de 3.8 ton/h a una temperatura de 184 °C y corresponde al 11.1 % de la producción de vapor.

La cantidad de vapor flash generado es de 592 kg/h, equivalente a un 15.6 % del vapor utilizado por el desaireador y un 15.7 % de agua de la purga.

La fracción de la purga que no se transforma en vapor flash (84.3 %), corresponde a condensado a 102 °C, que puede ser enfriado hasta 35 °C, transfiriendo este calor al agua de reposición (20.8 ton/h), calentándola desde 15 °C hasta 25.3 °C.

El hecho de alimentar el agua de reposición a una mayor temperatura al desaireador, permite reducir en 449 Kg/h, equivalente a un 11.8 %, el consumo de vapor de alta presión de este equipo.

Este ahorro de vapor en el desaireador se traduce en una reducción en el consumo de petróleo de 250 ton por año, lo que equivale a **un 2.95 % del consumo de combustible.**

4.3 Evaluación económica

Se consideran los siguientes costos:

- Costo petróleo : 200 pesos/kg
- Tasa de cambio : 520 pesos/USD.

La inversión considerada en la evaluación económica presentada más abajo (tabla 1), contempla el sistema de recuperación de calor de purgas, los materiales y la mano de obra, requeridos para su incorporación a la planta térmica del ejemplo.

El mayor costo de operación de la bomba de alimentación, debido a las mayores pérdidas de carga del sistema, es despreciable frente al ahorro de combustible obtenido.

Elementos	Descripción	[USD/año]
Ahorros		
	Ahorro combustible	74 092
	Total	74 092
Inversión		
	Estanque purga integrado	19 200
	Flete e internación	3 500
	Materiales	10 000
	Montaje	6 000
	Total	38 700

Tabla 1: Ahorros e inversión.

Los indicadores económicos, que se muestran a continuación, han sido calculados para una vida útil de 10 años y con una tasa de descuento de 10%.

Se puede apreciar que esta inversión es muy atractiva, con un tiempo de retorno de solo cinco meses.

- Tiempo de retorno : 5 meses
- Valor actual neto : 455 000 USD
- TIR : 208%.

5. Conclusiones

La presentación de sistemas de recuperación de calor de purgas hecha en este artículo, tiene por objetivo llamar la atención sobre los interesantes ahorros de combustible, que pueden ser logrados con su incorporación a una planta térmica.

Estos ahorros resultan cada vez más atractivos, producto de la importante alza de precios que han experimentado los combustibles en el último tiempo.

6. Referencias

- [1] Arnulfo Oelker, "Tratamiento de Aguas para Calderas", Induambiente n°48, Enero-febrero 2001, pp.94-101
- [2] Betz, Betz handbook of industrial water conditioning, 1980, Betz laboratories Inc.
- [3] British Standard BS-2486, "Recommendations for treatment of water for steam boilers and water heaters", 1997.

M.Sc. Jean-Michel Mottard
Ingeniero de Proyectos
Thermal Engineering Ltda.