

Generación descentralizada de energía

Por Bertil Lindell, Wärtsilä NSD

La combinación de producción de electricidad y calor es una excelente manera de generar energía con economía óptima y protegiendo el ambiente. Esto supone el reemplazo de la caldera de generación de vapor/agua caliente con una unidad de cogeneración operada con gas natural.

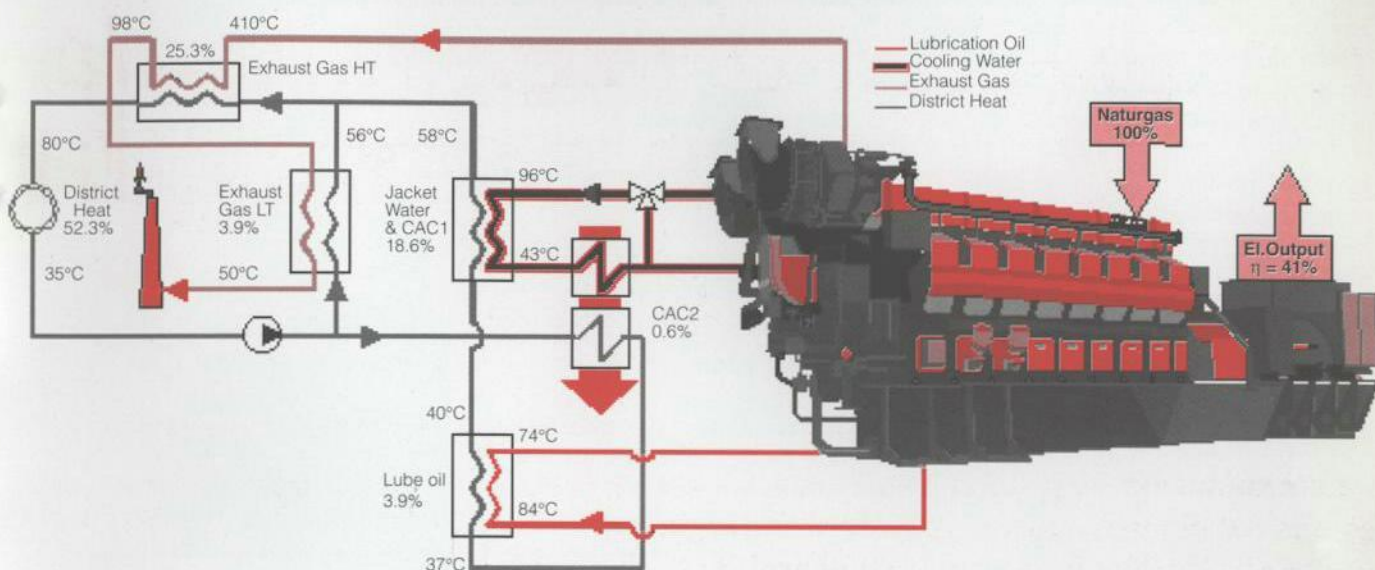
La descentralización de la generación a través de plantas de cogeneración ubicadas en el lugar de consumo disminuye las pérdidas de transmisión y distribución mejorando la seguridad del sistema eléctrico. Para el usuario industrial, la ventaja más directa de la cogeneración es el menor costo energético total por unidad de producto final, lo cual implica un mejor posicionamiento en un mercado competitivo global.

El presente artículo es una síntesis de la presentación efectuada recientemente en el IAPG, en la que se analizan las distintas aplicaciones de cogeneración, las mejoras en la eficiencia y las ventajas que esta logra.

La transformación del mercado energético de la Argentina durante los últimos años ha producido mejoras importantes en la calidad de servicio y bajas significativas en las tarifas de la energía. Se han realizado importantes inversiones en un sistema energético centralizado con grandes plantas de generación, preferiblemente ciclos combinados, y en mejoras en el sistema de transporte y distribución de la energía. En este panorama la cogeneración industrial significará un avance importante en el desarrollo del mercado energético argentino.

La generación de energía eléctrica y energía térmica en el lugar de consumo, utilizando gas natural, significa importantes ahorros de recursos naturales, mejoras ambientales y mejoras en la seguridad del sistema de transporte y distribución. Para el usuario industrial un menor costo energético total por unidad de producto final representa una mejor situación competitiva y cierto grado de independencia del mercado eléctrico. La cogeneración es una solución flexible con alta eficiencia eléctrica (hasta un 42%) y un sistema de recuperación de calor optimizado para lograr maximizar la eficiencia total.

OPTIMIZACION DE UN SISTEMA DE RECUPERACION DE CALOR



COGENERACION

La energía eléctrica es la forma de energía más importante que se genera en un sistema de transformación energética, y la generación de electricidad va a seguir siendo el principal objetivo para cualquier sistema de generación. Se invierten muchos recursos en investigación y desarrollo, con el fin de mejorar la eficiencia eléctrica, pero al final los límites adonde es factible llegar son determinados por leyes termodinámicas.

En una planta de generación convencional, normalmente 30-50% del poder calorífico del combustible ingresado al sistema de generación se convierte en energía eléctrica mientras que el remanente se convierte en calor, lo cual muchas veces no es utilizado, y por lo tanto se pierde en forma de agua de enfriamiento y gases de escape calientes (a la atmósfera).

En la vida real, y particularmente en procesos industriales, el calor casi siempre tiene un valor económico, lo cual depende del tipo de carga, condiciones climáticas, tecnología y combustible disponible. El calor es requerido en varias y distintas formas, no solamente en regio-

nes de clima frío sino también en zonas templadas y/o tropicales.

La combinación de producción de electricidad y calor es una excelente manera de generar energía con economía óptima y protegiendo el medio ambiente. Esto supone el reemplazo de la caldera de generación de vapor/agua caliente por una unidad de cogeneración operada con gas natural.

Una planta de cogeneración está compuesta por un motor alternativo a gas o una turbina de gas, que acciona un alternador. Mediante calderas de recuperación de calor se aprovecha el calor residual de los gases de escape y por medio de intercambiadores de calor se recupera el calor de los circuitos de enfriamiento de agua de camisas, aceite lubricante y turboalimentador.

APLICACIONES DE COGENERACION

El combustible puede ser transformado fundamentalmente en dos distintos tipos de energía: electricidad y calor en forma de vapor, agua caliente o aire caliente. Este calor puede ser utilizado

en procesos industriales para calefacción o para la generación de agua fría y agua destilada o potabilizada.

Hay cuatro fuentes de calor que pueden ser recuperadas. Estas son:

• Enfriamiento del aire de alimentación, segunda etapa

El aire de alimentación, el cual es comprimido en el turbocompresor, es enfriado en dos etapas y debe dejar el enfriador con una temperatura de 45 °C. Esto implica que la temperatura del medio de enfriamiento debería ser menor a 35 °C.

• Enfriamiento del aceite lubricante

Para recuperar todo el calor disponible del sistema de lubricación, la temperatura del medio de enfriamiento debería ser menor a 70 °C. Si la temperatura excede los 70 °C, el calor recuperado disminuye progresivamente.

• Enfriamiento del agua de camisa y enfriamiento del aire de alimentación, primera etapa

El circuito de enfriamiento de alta temperatura consiste en el circuito de agua de camisa y la primera etapa de

enfriamiento de aire de alimentación. La temperatura de salida de agua de enfriamiento es de cerca de 100 °C. Por medio de un intercambiador este calor es recuperado casi totalmente.

• Gases de escape

Los gases de escape dejan el motor a temperaturas de entre 390 °C y 430 °C – la temperatura exacta depende del modelo de motor y las condiciones de operación. El valor específico de calor (cp) es de cerca de 1.10 kJ/(kg.K) a una temperatura de 120-450 °C y 1.05 kJ/(kg.K) a una temperatura de 25-120 °C.

INTERCONEXION

Como el calor es recuperado de cuatro fuentes diferentes, con distintas temperaturas, hay varias opciones para la interconexión. Algunas reglas básicas son las siguientes:

1) **Generación de vapor.** Para la generación de vapor con una temperatura de retorno de condensado de aproximadamente 105 °C, los gases de escape son la única fuente de calor. En algunos casos particulares la primera etapa de enfriamiento del aire de alimentación puede ser utilizado. La eficiencia total supera ligeramente 60%. Si la temperatura de retorno del condensado es menor a los 105 °C, el condensado puede ser precalentado con el agua de enfriamiento del motor, aumentando la eficiencia total.

2) **Vapor y agua caliente.** Cuando el vapor y el agua caliente son generados simultáneamente, se utilizan los gases de escape para la generación de vapor, mientras que el agua de enfriamiento del motor y la sección de baja temperatura de los gases de escape (economizador) son utilizados para la generación de agua caliente. La eficiencia total supera normalmente el 80%.

3) **Agua caliente.** Tanto los gases de

Distribución típica de energía en una planta de 5 MWe

	MOTOR A GAS	TURBINA DE GAS	CALDERA CON TURBINA DE VAPOR
Energía eléctrica	40%	30%	25%
Vapor (10 bar)	21%	38%	—
Agua caliente	28%	20%	60%
Pe/Pt	0,89	0,55	0,42
Pst/Pe	0,55	1,25	—

escape como el circuito de enfriamiento del motor pueden ser utilizados para la generación de agua caliente. La eficiencia total depende de las temperaturas de interconexión pero normalmente está cerca o supera el 90%.

MEJORAS EN LA EFICIENCIA

La instalación de un economizador es principalmente una cuestión de economía, como lo indica su nombre. El economizador recupera el calor del lado de baja temperatura de la caldera de recuperación de los gases de escape, a fin de minimizar la diferencia de temperatura entre los gases de escape y el agua (normalmente llamado "pinch point"). Cuanto más pequeño es el "pinch point", más superficie es necesaria en la caldera de recuperación, y más superficie de caldera implica un aumento en el costo de inversión. ¿Cuándo esta inversión es extra rentable?

En general, un economizador es económicamente aconsejable en un sistema de generación de vapor, pero solamente ocasionalmente justificable en un sistema de generación de agua caliente. En un sistema de generación de vapor, un economizador significa un aumento de la eficiencia de aproximadamente un 2%. Considerando que el vapor tiene un valor relativamente alto, un economizador es normalmente justificable.

MEJORAS ADICIONALES

Los quemadores adicionales pueden ser utilizados para incrementar la producción de agua caliente o vapor. El combustible es introducido en un quemador entre el motor y la caldera de recuperación utilizando el exceso de aire en el caudal de gases de escape, generando vapor a más alta presión y a un caudal superior. Esto es una manera de adaptar la producción de vapor a variaciones en carga térmica sin pérdida de eficiencia (la utilización de quemadores adicionales reduce la eficiencia eléctrica, ya que se utiliza más combustible sin aumentar la potencia generada).

Las pérdidas no recuperables consisten substancialmente en gases de escape, radiación e hidrocarburos no quemados. Teóricamente, es posible obtener una eficiencia total del 95%, pero normalmente no es suficiente para justificar el extra costo del equipamiento necesario.

MOTORES A GAS OFRECEN VARIAS VENTAJAS A LA TURBINA DE GAS

Comercialmente, existen dos sistemas tecnológicos de cogeneración: motor alternativo a gas y turbina de gas. Las principales diferencias entre estos dos sistemas radican en la eficiencia eléctrica y el modo de recuperación de la energía térmica residual. Los motores alternativos a gas tienen una eficiencia eléctrica supe-

rior; también, cuando operan a baja carga y durante periodos prolongados bajo condiciones de operaciones severas, ofreciendo una mejor economía global.

Normalmente, la relación P_e/P_t es un factor de calidad utilizado para sistemas de cogeneración y describe cuántos kWe pueden ser producidos por cada kWt . Como referencia, la eficiencia total es asumida al 85%. También es interesante ver cuánto vapor puede ser producido por cada kWe , lo cual se indica en la relación P_{st}/P_e .

Como podemos ver en la tabla de la página anterior, el motor a gas tiene la mejor eficiencia eléctrica y al mismo tiempo produce mucha más energía eléctrica en relación con un cierto volumen de vapor, comparándolo con otras alternativas. La planta de cogeneración con motores a gas siempre genera agua caliente y si hay requerimientos para agua caliente mejoraría mucho la economía del proyecto.

La elección de la mejor tecnología para un proyecto de cogeneración depende fundamentalmente de: la relación y variación entre energía eléctrica y térmica, la potencia a instalar, el modo de operación y las condiciones del sitio.

Las plantas de generación de energía implican inversiones a largo plazo, en

las cuales el balance entre costo de inversión y costos de operación varía, dependiendo del tipo de planta.

La inversión representa alrededor del 15 al 20% de los costos totales. El combustible es el costo dominante (alrededor del 70%) de los costos totales de la vida útil de una planta de cogeneración operada con gas natural. La generación simultánea de electricidad y calor disminuye los efectos de eventuales aumentos en los precios del gas natural.

Determinar los procesos más económicos de generación de electricidad y calor es imprescindible para la economía global de un proyecto. En consecuencia, todas las posibilidades de recuperación económica de calor deben ser analizadas. Un estudio completo de factibilidad requiere curvas de carga eléctricas y térmicas, incluyendo información detallada sobre distintas partes del proceso industrial, conocimientos del modo de operación y condiciones reales en el sitio, a fin de encontrar la solución más adecuada para cada usuario.

LAS VENTAJAS DE LA COGENERACION INDUSTRIAL

A nivel nacional, la cogeneración industrial ofrece varias ventajas. El me-

nor consumo de combustibles fósiles para generar la energía eléctrica y térmica requeridas significa un ahorro importante de recursos naturales y menor contaminación del medio ambiente. La descentralización de la generación a través de plantas de cogeneración ubicadas en el lugar de consumo también disminuye las pérdidas de transmisión y distribución, mejorando la seguridad del sistema eléctrico.

Para el usuario industrial la ventaja más directa de la cogeneración es el menor costo energético total por unidad de producto final, lo cual implica un mejor posicionamiento en un mercado competitivo global. Además de este ahorro, significa una independencia del mercado energético y mayor seguridad en el suministro de energía eléctrica.

La descentralización es una tendencia global para la generación de energía del futuro. La cogeneración descentralizada es la forma más eficiente de utilizar cualquier combustible y reducir la contaminación ambiental. Aunque los precios de la energía son relativamente bajos en la Argentina, una inversión en cogeneración industrial significa un aumento en la eficiencia en la industria e importantes mejoras en el sistema energético. 



**Eficiencia en Exploración y Producción de Hidrocarburos
y en Comercialización de Gas y Electricidad**

Lima 339 (1073) Buenos Aires, Argentina - Tel.: (54-11) 4340-2222 - Fax: (54-11) 4340-2215