

LAS CENTRALES TERMOELÉCTRICAS DE CICLO COMBINADO

LA CENTRAL GICC DE PUETOLLANO:

PRODUCCIÓN LIMPIA DE ELECTRICIDAD MEDIANTE LA GASIFICACIÓN DEL CARBÓN

Rafael Delgado Taberner. Jefe de Control de Gestión ELCOGAS

I. INTRODUCCIÓN.

Las condiciones cambiantes del mercado, causadas por la desregulación, y los requisitos, cada vez más estrictos, de la normativa medioambiental han dado lugar a una nueva orientación de las soluciones para la producción de electricidad y proporcionan nuevas ventajas a las tecnologías de combustión limpia, tales como la gasificación integrada con ciclo combinado, GICC. Estas ventajas se refuerzan con las posibilidades actuales de reducir los costes de inversión de estas instalaciones y sus costes de operación y con una ventaja competitiva con la tendencia actual al alza de los precios del petróleo y, por lo tanto, del gas natural, combustible en el que se basan últimamente los proyectos de nuevas instalaciones de potencia en Europa.

La tecnología GICC asocia ventajosamente la gasificación de combustibles tales como el carbón, el coque de petróleo o los residuos de refinería, con los modernos y eficientes sistemas de producción de electricidad de ciclo combinado. Esta solución proporciona una completa utilización de recursos energéticos, en particular de combustibles autóctonos no aprovechables por otras tecnologías, ofreciendo altas eficiencias energéticas y presentando un alto grado de respeto por el medio ambiente, ya que sus niveles de contaminación son extraordinariamente bajos. Hoy en día se pueden conseguir configuraciones GICC, utilizando prácticamente cualquier tipo de combustibles basados en el carbono para obtener, fundamentalmente, electricidad, pero también otros productos para la industria como vapor, hidrógeno, combustibles líquidos y productos químicos valiosos.

II. LA CENTRAL GICC DE PUERTOLLANO Y SU TECNOLOGÍA

La central de gasificación integrada con ciclo combinado, GICC, de Puertollano, de 335 MW de potencia (condiciones ISO), con combustible de carbón y coque de petróleo, se incluye en el conjunto de estas nuevas tecnologías de combustión limpia y eficiente para la producción de energía eléctrica que se han desarrollado recientemente y que están demostrando su capacidad de funcionamiento comercial en esta gama de potencias. La alta integración de los distintos sistemas de la planta, que es una importante característica de la tecnología GICC, conduce a una eficiencia bruta global de la planta de 47,12%.

El proyecto de la central GICC de Puertollano nació a principios de los años 90 como una iniciativa de la empresa eléctrica española Endesa, en busca de nuevas tecnologías eficientes y limpias, con una fuerte vocación de colaboración europea. Pronto se unieron a esta iniciativa otras empresas eléctricas europeas: la francesa EDF, la portuguesa EDP y las empresas españolas: Iberdrola, Sevillana de Electricidad e Hidrocantábrico. La sociedad ELCOGAS se constituyó en Abril de 1992 para desarrollar este proyecto de demostración de la tecnología GICC y explotar comercialmente la central. Posteriormente se incorporaron también al proyecto la italiana Enel y la británica National Power. Finalmente y una vez adjudicados los correspondiente contratos de suministro de equipos principales en el verano de 1992, se unieron a ELCOGAS, las empresas suministradoras de la tecnología y los equipos de gasificación y del ciclo

combinado, las alemanas Krupp Koppers y Siemens, respectivamente, asociadas con el fabricante español de equipos, Babcock Wilcox E. Esta central fue designada proyecto objetivo por la Comisión Europea en diciembre de 1991, dentro del programa Thermie de promoción de nuevas tecnologías europeas limpias de combustibles fósiles.

La central se localiza en Puertollano, Ciudad Real, próxima a sus centros de suministro de combustible: la mina de Encasur para el carbón y la refinería de Repsol para el coque de petróleo, en un emplazamiento idóneo por disponer de suministro de gas natural y de una buena red de transportes por ferrocarril y carretera.



El combustible es, como se ha indicado, una mezcla de carbón y coque de petróleo al 50% en peso. El carbón procedente de la mina local a cielo abierto de Encasur, es del tipo de pizarras bituminosas, con alto contenido en cenizas (más del 40%) y bajo poder calorífico. El coque de petróleo es un subproducto de la cercana refinería de Repsol, con alto poder calorífico, pero con alto contenido de azufre (más del 5%). La mezcla de ambos componentes proporciona un combustible de un poder calorífico aceptable y con un contenido de azufre susceptible de eliminación en el

proceso.

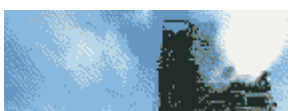
Preparación del Combustible

El carbón y el coque de petróleo se mezclan en la unidad de preparación de carbón con una pequeña proporción de caliza con objeto de bajar el punto de fusión de la ceniza, se tritura en molinos y el polvo obtenido se seca para obtener las condiciones de humedad requeridas. La mezcla se presuriza hasta 30 bar, se inertiza en silos con nitrógeno puro suministrado por la unidad de fraccionamiento de aire y se conduce al gasificador.

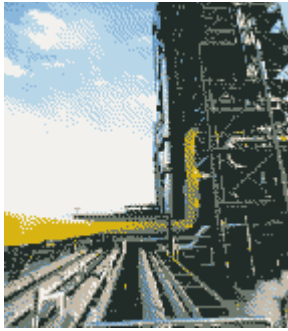
Gasificación

El sistema de gasificación de la central GICC de Puertollano es del tipo de lecho arrastrado a presión, de Krupp Koppers. El núcleo central de la gasificación es el reactor, de 60 m. de altura y 5 m. de diámetro, en el que tienen lugar las reacciones del polvo de carbón con el oxígeno a una presión de trabajo de 25 bar y entre 1200 y 1600 °C. Con el aumento de temperatura, los componentes volátiles quedan libres y se oxidan en reacciones exotérmicas, produciendo fundamentalmente CO y H₂.

El gasificador dispone de cuatro quemadores de gas. Las altas temperaturas y presiones utilizadas en el proceso, juntamente con el alto grado de molido del combustible, permiten alcanzar una tasa de conversión del carbón del orden del 99,5%. El calor del gas se recupera dentro del gasificador en una caldera de convección de alta presión, enfriándose y produciendo vapor. El gas se enfría de nuevo y produce vapor a una presión intermedia en una segunda caldera de convección. El vapor generado, en condiciones de saturación, se aprovecha íntegramente, recalentándolo en la caldera de recuperación de calor del ciclo combinado y expandiéndose en la turbina de vapor.



La recuperación de calor que se produce por medio de las calderas de



recuperación de alta y media presión permite alcanzar eficiencias térmicas globales en el proceso de gasificación entre el 85 y el 95%.

Limpieza del gas

Los sistemas de limpieza del gas garantizan que este llega a la turbina de gas en las condiciones requeridas. La primera etapa consiste en el filtrado de cenizas con filtros cerámicos en el propio gasificador. La siguiente etapa es de lavado físico, que permite extraer los haluros y otros compuestos de nitrógeno y azufre por medio de una solución básica, que son posteriormente separados de las aguas de lavado y destruidos en el horno de la planta Claus.

El azufre se elimina por medio de una reacción catalítica de hidrólisis, transformándolo en SH₂ que se absorbe, tras ser refrigerado, en la etapa posterior. El azufre, en forma elemental y de calidad comercial, se recupera en la unidad Claus. Los compuestos nitrogenados del gas reaccionan, produciendo nitrógeno elemental usando un catalizador. El gas de cola, que contiene ácido sulfúrico, se recicla y se envía al reactor de hidrogenación sin necesidad de usar incinerador.

Unidad de Fraccionamiento de Aire

La unidad de fraccionamiento de aire produce el oxígeno necesario para la gasificación, con un 85% de pureza en volumen. Esta unidad también produce nitrógeno para inertización de sistemas, para el transporte de polvo de carbón en la unidad de preparación de carbón y para diluir el gas antes de quemarlo en la turbina de gas. El proceso criogénico de fraccionamiento de aire está compuesto por una etapa de enfriamiento y limpieza y una etapa de destilación en columna a alta presión.

Ciclo Combinado

El ciclo combinado de Puertollano, cuyos equipos básicos son la turbina de gas, el generador de vapor de recuperación de calor, la turbina de vapor y el condensador, han sido suministrado por Siemens. La eficiencia global del ciclo combinado es de 53,12%.

El gas de síntesis limpio llega a la turbina de gas, con un proceso previo de saturación con objeto de reducir la formación de óxidos de nitrógeno durante la combustión. La turbina de gas tiene dos cámaras de combustión que pueden quemar gas sintético y gas natural, por separado o mezclado, manteniendo altos niveles de prestaciones en términos de potencia, eficiencia y baja contaminación. La temperatura de quemado es de 1250 °C. La potencia bruta de la turbina de gas en condiciones ISO es de 200 MW. La eficiencia térmica final de esta turbina es de 36%.

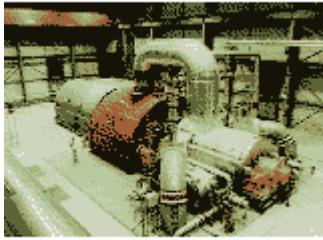


El calor de los gases de escape de la turbina de gas, con una temperatura de salida de 535°C, que representa aproximadamente un 60% de la energía intrínseca del combustible quemado, se recupera en el generador de vapor, produciendo vapor de agua en tres niveles de presión. En este generador se introduce también el vapor proveniente de la unidad de gasificación. Su nivel de eficiencia es, por tanto, mayor que las calderas convencionales con uno o dos niveles de presión.

El vapor generado pasa a la turbina de vapor, de dos cuerpos y un solo eje. La potencia bruta de la turbina de vapor en condiciones ISO es de 135 MW.

El vapor a la salida de la turbina se condensa en un condensador convencional, por medio de un circuito cerrado de refrigeración, enfriado a su vez por un sistema de agua de circulación con torre de

refrigeración de tiro natural. El condensado producido se recicla por medio de una bomba de condensado.



Tanto la turbina de gas como la de vapor se conectan a sus correspondientes generadores eléctricos, con una potencia nominal cada uno de 230 MWA, ambos conectados a los transformadores principales por los correspondientes interruptores de generación.

Integración

El aumento de eficiencia en las plantas GICC se consigue gracias a la integración de sus tres sistemas principales: gasificación, fraccionamiento de aire y ciclo combinado, y por la optimización de sus condiciones de

operación. Las características más importantes de la integración son:

- El vapor producido en la gasificación se usa eficientemente expansionándolo en la turbina de vapor después de ser recalentado en la caldera de recuperación de vapor del ciclo combinado.
- El proceso de fraccionamiento de aire está altamente integrado: el aire necesario se extrae del compresor de la turbina de gas; el nitrógeno residual se envía a la turbina de gas para su mezcla con el gas sintético con objeto de reducir las emisiones de NOx en la combustión del gas; el calor del aire extraído del compresor se usa para calentar el nitrógeno residual y el agua de aportación en el saturador del gas limpio.

Por otra parte, contribuye a la alta integración de la planta su sistema de control distribuido. Este sistema tiene una estructura modular, con un sistema automático para implantación de funciones al nivel de control más bajo, una red de comunicaciones, un control de operación y vigilancia de los sistemas para los procesos e intercambio de información y un sistema de ingeniería para planificación, configuración del sistema completo y arranques.

RESPECTO POR EL MEDIO AMBIENTE.

La central GICC de Puertollano demuestra que es posible quemar carbón pobre con un alto contenido en cenizas y subproductos de refinería con alto contenido de azufre, como el coque de petróleo, con un impacto medioambiental muy pequeño y, en todo caso, muy inferior al de las tecnologías comparables que utilizan combustibles sólidos o líquidos.

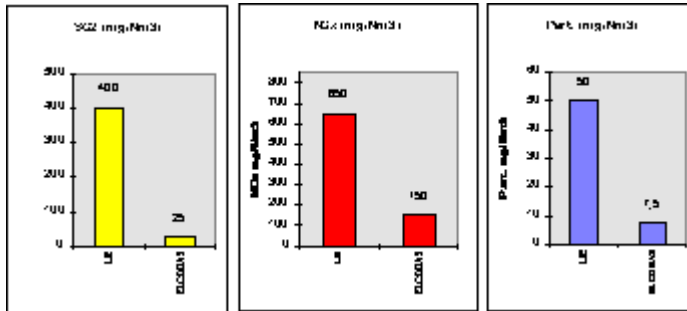
Las emisiones de SO₂ se reducen en más del 99%, gracias a la desulfuración del gas, obteniendo azufre elemental como un subproducto comercial que, por lo tanto, no forma parte de los residuos de la planta. Las emisiones de NO_x se reducen saturando el gas sintético con agua y mezclándolo con nitrógeno residual antes de quemarlo, al reducir la temperatura de llama. Las emisiones de CO₂ se reducen debido a la alta eficiencia térmica, hasta un 10% de las emisiones en una planta de producción de energía eléctrica convencional.

El siguiente gráfico muestra una comparación entre las emisiones de diferentes tecnologías de carbón y los niveles de la GICC de Puertollano.

Las emisiones de la central GICC de Puertollano se encuentran, en cualquier caso, muy por debajo de los límites impuestos por la normativa de la Comisión Europea.

Subproductos

Las escorias procedentes de la gasificación forman una sustancia vitrificada que encapsula los metales pesados en forma no soluble. Estas escorias, que inicialmente se había previsto enviar a la mina de Encasur para su disposición allí con recuperación del paisaje, se han valorado positivamente como componente en la fabricación de productos cerámicos y se ha gestionado recientemente su comercialización con fabricantes locales.



Las cenizas volantes arrastradas por el gas sintético se separan y recuperan como subproducto, comercializándose actualmente como aditivo en la producción de cemento para la construcción. La planta ofrece también otra ventaja medioambiental en el alto nivel de eficiencia en el consumo de gas.

RESULTADOS

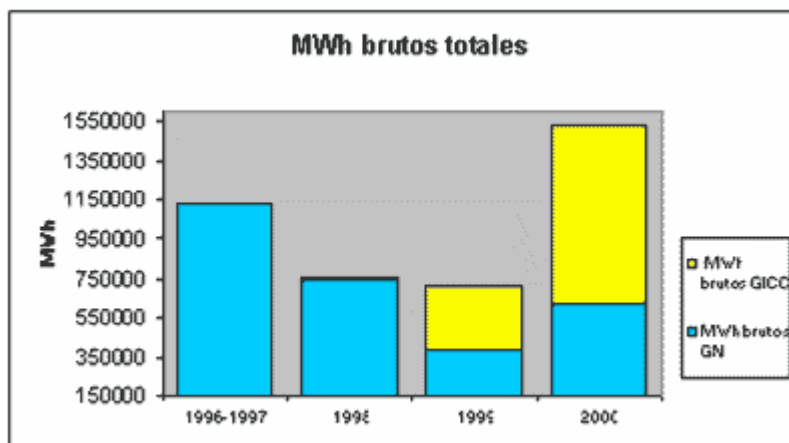
La central de Puertollano se construyó en dos fases, la primera constituida por el ciclo combinado, se puso en marcha con gas natural en Septiembre, 1996. La central operó con gas natural desde esta fecha para ajustar el ciclo combinado y para apoyar la puesta en marcha de los sistemas de gasificación en 1998 y actualmente opera con gas natural para los arranques.

La central, que tuvo que superar dificultades en la puesta en marcha de la gasificación debido a la complejidad y la novedad de la tecnología, está aumentando actualmente su disponibilidad como central GICC con gas sintético, lo que está resultando en una operación competitiva frente a alternativas de centrales térmicas con otros combustibles.

Los registros históricos de producción anual de electricidad con gas de síntesis (GICC) y totales, incluyendo los producidos con gas natural, de la central GICC de Puertollano hasta Septiembre 2000 se muestran en el gráfico.

EL FUTURO DE LA TECNOLOGÍA GICC

Durante los próximos años, continuará la competencia entre las diferentes tecnologías de producción de energía eléctrica y los diferentes recursos energéticos. Las centrales GICC son intensivas en capital y necesitan economías de escala y ventajas en el coste de combustible para llegar a ser una opción de inversión atractiva frente a otras soluciones actuales como las centrales de ciclo combinado de gas natural, que tienen un coste de inversión menor.



Sin embargo, la inversión unitaria por KW instalado en tecnología GICC puede reducirse sustancialmente en sucesivas generaciones de centrales con el mayor conocimiento de la tecnología y su optimización. Los costes de operación también pueden disminuirse: los gasificadores pueden operar con combustibles de oportunidad de bajo coste, pueden integrarse con aplicaciones industriales, buscando sinergias y pueden ser usados para convertir residuos en productos útiles

para la industria, la optimización y simplificación de las instalaciones reducirá costes de operación y mantenimiento. Por otra parte, la tecnología GICC resultará más competitiva a largo plazo si, como está ocurriendo actualmente, sube el precio del gas natural.

Las actuales tendencias tecnológicas ayudarán a la gasificación, incluyendo turbinas de gas mejoradas y la poligeneración: electricidad, vapor, combustibles líquidos y productos químicos. Los aumentos en la eficiencia de los ciclos combinados reducen directamente el tamaño y el coste de las instalaciones de gasificación necesarias para alimentar estos ciclos combinados. Las turbinas avanzadas de gas recuperado y recalentado tienen un potencial de eficiencia térmica energía-cogeneración que es de mucha mayor magnitud que el que se puede alcanzar con turbinas de vapor.

En el futuro, la tecnología GICC jugará un papel como alternativa para el suministro de energía eléctrica debido a estas características de nivelación de costes con el uso de diferentes combustibles, particularmente con carbón, que es un combustible disponible y abundante en muchos países. El aumento actual en el precio del gas natural disparará esta tendencia.

A medio plazo, deberá afrontarse la necesidad de controlar las emisiones de CO₂ a la atmósfera. La tecnología GICC representará, entre todas las tecnologías de combustible fósil, la mejor elección para eliminar el CO₂ con las técnicas que se están actualmente investigando de "secuestro" de este componente, de acuerdo con las evaluaciones hechas en la última Conferencia Internacional de Tecnologías de Gasificación de San Francisco (California), que puede llegar a convertir la solución GICC en una nueva tecnología energética superlimpia.