

Planta de cogeneración en ciclo combinado, de 18 MW, para una azucarera en Jerez de la Frontera

Entre los meses de enero y febrero se ha llevado a cabo la puesta en marcha de la nueva planta de cogeneración que suministrará energía eléctrica y vapor a la fábrica que Azucarera Ebro tiene en Jerez de la Frontera. Diseñada y construida en configuración de ciclo combinado (turbina de gas, caldera de recuperación y turbina de vapor), la nueva planta de cogeneración tiene una potencia de 18,2 MW y permitirá hacer frente al nuevo escenario de demanda energética de las instalaciones, tras la implantación de la nueva refinería de azúcar. La empresa de ingeniería española AESA, fue contratada por Azucarera Ebro para llevar a cabo la dirección de proyecto, ingeniería, asistencia a la gestión de compras y de permisos, dirección de obra y la asistencia en la puesta en marcha de la planta de cogeneración.

Carlos Guijarro, Ibán Casado – AE, S.A. Asesoría Energética

En 2007 el Consejo de Administración de Azucarera Ebro aprobó el desarrollo de un plan de actuaciones industriales en las instalaciones que su planta Azucarera de Guadalete tiene en Jerez de la Frontera. Dicho plan ha convertido a la instalación de Jerez de la Frontera en uno de los mayores complejos azucareros de Europa, gracias a la construcción de una nueva refinería de azúcar con una capacidad anual de producción de 300.000 t. La introducción de las operaciones de refinado permitirá una operación continuada de la azucarera, fuera de la campaña de la remolacha.

Para satisfacer las nuevas demandas energéticas, que supone la introducción de las actividades de refinado de azúcar, se decidió la construcción de una planta de cogeneración de aproximadamente 18,2 MW, en ciclo combinado.

Dicha planta complementa la cogeneración existente (calderas de alta presión y turbinas de vapor), la cual seguirá operando como apoyo a la nueva planta durante la campaña de remolacha.

Gracias a la nueva planta de cogeneración se consiguen la siguiente producción y ahorros tanto en energía primaria, como en emisiones de CO₂:

- Energía eléctrica neta generada: 136.500 MWh/año
- Ahorro de energía primaria: 85.885 MWh/año
- Ahorro de emisiones de CO₂: 17.175 t CO₂/año

MODOS DE OPERACIÓN

La situación normal de operación es la de la central en paralelo con la red, con la turbina de gas, la caldera y la turbina de vapor funcionando en ciclo combinado, a la carga que resulte de las necesidades térmicas del proceso azucarero.

En caso de baja demanda de vapor, el *by-pass* de gases evacuará a la atmósfera los gases sobrantes. No obstante, la situación habitual es que el *by-pass* esté totalmente abierto hacia caldera, y en caso de alta demanda de vapor entrará en operación el quemador de postcombustión.

Otros modos de operación previstos son el funcionamiento en isla (en caso de desconexión de la red) o, el de caldera convencional con turbina de vapor (en caso de indisponibilidad de la turbina de gas o de la caldera de recuperación).

CONFIGURACIÓN Y EQUIPOS PRINCIPALES

La central cuenta, como equipos principales, con una turbina de gas de 14,2 MW, una turbina de vapor de contrapresión de 4,2 MW, y un generador de vapor de recuperación de gases de escape de la turbina, equipado con un quemador de postcombustión, que permite aumentar la cantidad de vapor generado por recuperación.

La implantación de los equipos contempla la instalación a intemperie tanto del grupo turbogenerador a gas, como de la caldera de recuperación, mientras que el grupo turbogenerador a vapor se ubica en un edi-



ficio junto con otros turbogrupos, y cuenta también con cuadros y equipos de sistemas eléctricos, de control, y otros auxiliares.

GRUPO TURBOGENERADOR A GAS

El grupo turbogenerador instalado en la planta de cogeneración de Azucarera Ebro en Jerez de la Frontera es el grupo TITAN-130 (T-20501) de Turbomach, de 15 MW ISO, que permite producir en emplazamiento 14,2 MW a 6,3 kV, utilizando gas natural como combustible.

Gracias al sistema SoLoNO_x del grupo turbogenerador, las concentraciones resultantes tanto de NO_x como de CO son muy reducidas y muy inferiores a los máximos permitidos.

Turbina de gas

La turbina de ciclo simple monoeje consta de los siguientes equipos:

- Compresor axial de 14 etapas, con relación de compresión 16:1.
- Cámara de combustión anular con 14 inyectores, equipada con sistema de combustión seca SoLoNO_x de premezcla pobre, diseñado para conseguir niveles bajos de NO_x y CO sin inyección de agua.
- Turbina de potencia, axial, de tres etapas, con una velocidad de rotación de 11.197 rpm.

Alternador eléctrico

La turbina de gas acciona un alternador Leroy Somer de 2 pares de polos de

17.000 kVA de potencia nominal, que gira a 1.500 rpm y genera energía a una tensión de 6,3 kV y a una frecuencia de 50 Hz.

CALDERA DE RECUPERACIÓN

Los gases de escape de la turbina de gas son conducidos al generador de vapor para la producción de vapor mediante la recuperación de la energía térmica contenida en los mismos.

La planta dispone de un generador de vapor acuotubular Gea Ibérica modelo Delta, que genera vapor a alta presión (21 t/h a 37 bar a y 400 °C, aumentando hasta 41 t/h mediante el uso del quemador de postcombustión) y dispone de un vaporizador en cola de caldera, que junto un domo separador y su circuito de circulación forzada, suministro de Prodinco, permite la producción adicional de 4 t/h adicionales de vapor a 3,5 bar-a.

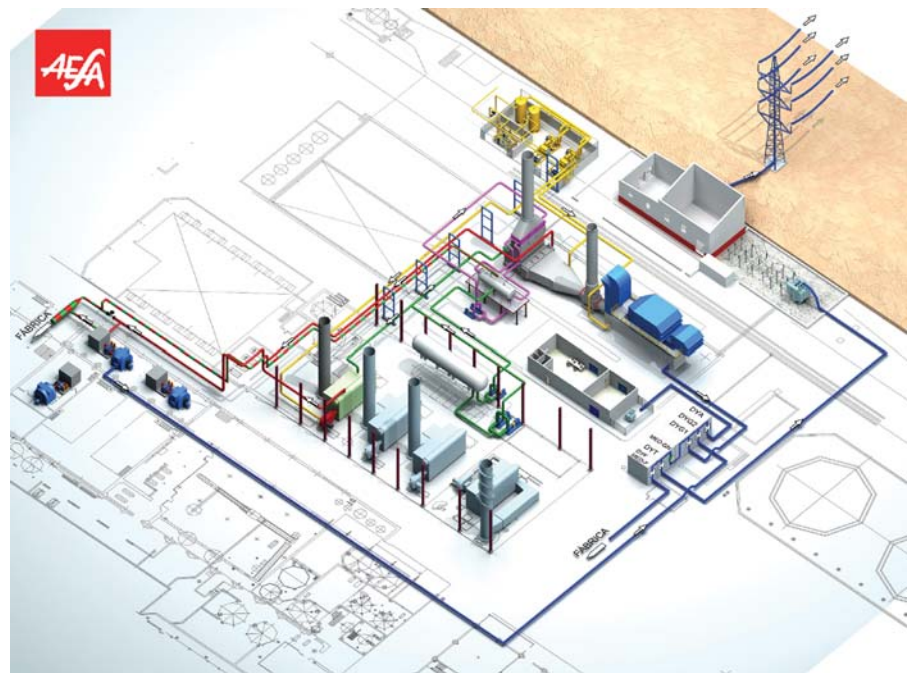
La inclusión del vaporizador permite un grado de recuperación térmica de los gases de la turbina reservado hasta el momento a calderas de recuperación de dos niveles de presión, que se traduce en un incremento de 4,5 puntos porcentuales en el rendimiento eléctrico equivalente de la instalación.

AE, S.A. ya había implementado este sistema con anterioridad para la modificación sustancial de plantas de cogeneración ya existentes, si bien la planta de Azucarera Ebro es innovadora en este sentido, ya que es la primera planta de nueva construcción que aplica esta solución.

Tras la turbina y el quemador de postcombustión, en el sentido de avance de los gases de escape de la turbina de gas hacia el generador, se encuentran los siguientes equipos:

- Sobrecalentador de alta presión con atemperación intermedia.
- Evaporador de alta presión, donde se produce la evaporación del agua alta presión (37 bar-a).
- Economizador de alta presión, donde se precalienta el agua antes de ser introducida en el calderín de alta presión.
- Vaporizador de baja presión, donde se produce la evaporación parcial del agua antes de ser introducida en un domo o tanque separador de baja presión.

Todos los módulos de intercambio son de tubos aleteados tipo sierra. Una envolvente estanca de chapa de acero al carbono encierra la caldera, internamente revesti-



da por dos capas de lana mineral y fibra cerámica.

El circuito de generación de vapor de baja presión asociado al vaporizador y el domo separador está previsto para trabajar en dos rangos de presión (1,8 bar-a y 3,5 bar-a) en función del modo de operación de la azucarera.

QUEMADOR DE POSTCOMBUSTIÓN

La caldera de recuperación de vapor está equipada con un quemador de postcombustión. Fabricado por Eclipse, tiene una potencia de 20 MW (PCI) y está diseñado para trabajar con gas natural, estando asimismo preparado para el uso de biogás procedente de la depuradora de aguas residuales existente en el complejo.

GRUPO TURBOGENERADOR DE VAPOR

El grupo turbogenerador a vapor ha sido aprovechado de un conjunto ya existente en la planta. La turbina modelo DSGSSFH f 24 fue fabricado por Brown Boveri (actualmente ABB) y permite producir hasta 4,2 MW a 6,3 kV.

SISTEMAS MECÁNICOS AUXILIARES

Sistema de distribución de vapor

Dicho sistema tiene como misión la conducción del vapor generado en la caldera a la turbina de vapor, y escape de turbina de vapor para entrega al proceso productivo de la azucarera. El sistema está compuesto por los siguientes elementos:

Sistema de vapor de alta presión: recibe el vapor procedente del sobrecalentador de la caldera de recuperación con postcombustión y de la caldera convencional. Este vapor de alta presión se conduce a la turbina de vapor, donde se expande a continuación.

Sistema de vapor de baja presión: recibe el vapor de escape de turbina de vapor así como el procedente del domo separador de baja presión y el tanque flash de la caldera de recuperación. El vapor es enviado a proceso, donde se realiza su atemperación antes del consumo en fábrica.

Sistema de gas natural

Este sistema se encarga de suministrar el gas natural recibido de la compañía, en el punto de entrega de los límites de la central, a través de una estación de regulación y medida (ERM) a los consumidores (turbina de gas y quemadores de postcombustión y de la caldera convencional). Dispone de contaje de gas en alta presión para turbina y en baja presión para quemadores de calderas.

La presión normal de suministro es de 16 barg, insuficiente para la turbina de gas, que trabaja a un presión de de 25 barg. Por ello el sistema cuenta con dos grupos de compresión de gas suministrados por ABC Compresores, uno de los cuales funciona habitualmente, mientras que el otro se encuentra en situación de reserva entrando automáticamente si es necesario.

Se trata de compresores de doble efecto, de una etapa de compresión, los cuales

disponen de un sistema de amortiguamiento para reducir las oscilaciones de presión y lograr la estabilidad de presión en el suministro de combustible a turbina.

Sistema de aire comprimido

El sistema aire comprimido se encarga de proporcionar el aire necesario para accionamiento de instrumentación y equipos auxiliares de la central de cogeneración. El suministro de aire comprimido se realiza desde las instalaciones y equipos de fábrica ya disponibles.

EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO

Sistema eléctrico de AT, MT y transformadores

Este sistema tiene como finalidad conectar los equipos generadores de electricidad a 6,3 kV con la distribución a fábrica y a consumos propios, así como con la red externa de 66 kV, a través de la subestación de Sevillana-Endesa y la subestación a intemperie a 66 kV del usuario.

El sistema consta de:

- Parque a intemperie 66 kV.
- Transformador principal 66/6,3 kV de 22.000 kVA.
- Celdas de distribución a 6,3 kV.
- Equipamiento propio de los grupos generadores (alternadores y equipamiento auxiliar).
- Transformador de servicios auxiliares 6,3/0,4 kV de 1.600 kVA.
- Sistemas de protección, medida, regulación y sincronización.



- Cableado de potencia (66 kV y 6,3 kV) y control.
- Sistemas de puesta a tierra.

Sistema eléctrico de BT

Tiene como finalidad el suministro en baja tensión (400 V) a los sistemas de la central que lo precisan, así como para alumbrado interior, exterior y de emergencia de la central. La potencia requerida en baja tensión se toma del transformador de servicios auxiliares. La instalación de baja tensión consta de:

- Cuadro general de distribución en baja tensión.

- Cuadros y centros de control de motores (turbina de gas, generador de vapor, compresores de gas, control de equipos, etc.).
- Cuadro para alumbrado y fuerza.
- Instalación de alumbrado y tomas de corriente.
- Cableado de potencia y control.

SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO

La central de cogeneración cuenta con un sistema de control distribuido (DCS) que permite controlar determinados procesos y operaciones, y supervisar el conjunto de la central. Está basado en el sistema PCS7 de Siemens.

Consta de los siguientes elementos:

- Los equipos principales (turbina de gas, generador de vapor, turbina de vapor) disponen de su propio sistema de control, con lógica centralizada en PLC.
- El resto de equipos se controlan mediante dos PLCs S7-400 y DCS (que consta de servidor redundante y estación de operación) desde la cual se realizan los lazos de control, gestión de alarmas y enclavamientos de compresores de gas, bombas y otros equipos auxiliares no incorporados en los sistemas de control de equipos principales.
- Sistema de Adquisición de Datos y Supervisión (SAD) que permite la captación de señales analógicas y digitales de los PLC y DCS de todos los sistemas de control, de modo que sea posible la supervisión de la planta en su totalidad (almacenamiento de información, cálculos de prestaciones, informes, etc.).

