

Sistemas de cogeneración en base a turbina de vaporⁱ

a. Introducción

La turbina de vapor (ciclo Rankine convencional) es una turbo-maquina rotora que transforma la energía de un flujo de vapor en energía mecánica, a través de un intercambio de cantidad de movimiento entre el fluido de trabajo (el vapor) y el rodete, órgano principal de la turbina. Este cuenta con palas o alabes, cuya configuración permite realizar el intercambio energético. La disminución del contenido entálpico del vapor se convierte en trabajo mecánico, que es aprovechado por un generador para producir electricidad.

b. Características de la tecnología

Existen dos tipos principales de turbinas de vapor utilizadas en CHP: las turbinas de contrapresión y las turbinas de extracción. Las últimas son más utilizadas que las primeras, ya que permiten independizar los requerimientos de calor y electricidad. A medida que la presión de descarga es menor, la turbina genera más electricidad a expensas de generar menor calor utilizable. Dado que se emplea una caldera para la generación del vapor, este sistema de cogeneración permite el uso de una gran variedad de combustibles (US-EPA, 2008).

- **Rango**

El rango de empleo de las turbinas de vapor es de 0.5-15 MW.

- **Eficiencia**

La eficiencia total de los sistemas CHP en base a turbina de vapor es de 80-85%, mientras que la eficiencia eléctrica es de 15-30%. Esto se debe a que las turbinas de vapor generan la electricidad como un producto secundario; la instalación se realiza con el objetivo de maximizar la producción de vapor. Así la relación calor/electricidad de esta tecnología es siempre mayor a 3 y, normalmente, tiene valores cercanos a 10 (DECC-UK, 2011).

- **Consideraciones de diseño**

Las turbinas de vapor (especialmente las pequeñas) tienen pérdidas de vapor a través de los sellos y, por consiguiente, pérdidas de generación de electricidad. Debido a que se utilizan presiones elevadas de vapor, la carcasa debe tener un espesor considerable, lo que genera una gran inercia térmica. Se puede recalentar el vapor a la salida de la turbina para ser utilizada en una segunda expansión y aumentar la generación de electricidad. Se evita así la generación de condensado que dañaría las palas de la turbina. En relación a la caldera, es necesario instalar una válvula de seguridad para evitar posibles accidentes.

ENT. Informe final sobre Tecnologías para Mitigación 146

- **Ventajas y desventajas**

La principal ventaja de la turbina de vapor es la posibilidad de utilizar prácticamente cualquier tipo de combustible para la generación del vapor. Se puede emplear biomasa, carbón, gas natural, gasolina, residuos sólidos municipales, entre otros combustibles. El calor generado se utiliza como vapor de alta o baja presión.

Esta tecnología se caracteriza por su gran disponibilidad (tiempo que se encuentra funcionando), cercana al 99%. El tiempo entre paradas para el mantenimiento es mayor al año. Además, la vida operacional de una turbina de vapor es de alrededor de 50 años (Wade, 2006). Las turbinas de vapor se construyen para funcionar en un gran rango de presiones, temperaturas y caudales y, por consiguiente, son aplicables a un amplio rango de procesos, de acuerdo a las necesidades del usuario. Entre las desventajas, la principal es el prolongado periodo de precalentamiento de las turbinas, que puede resultar de hasta un día. Otras desventajas son la alta generación de ruido y el bajo rendimiento eléctrico.

- **c. Aplicabilidad específica en el país y potencial**

La aplicación de la tecnología en el país es factible. Existen antecedentes de empleo de turbinas de vapor en cogeneración a gran escala en industrias de envergadura, tales como petroquímicas, azucareras, aceiteras y papeleras. Su implementación es particularmente

conveniente en industrias que requieran generar una gran cantidad de calor y la electricidad se consuma en forma secundaria.

d. Estado de la tecnología en el país

No existe desarrollo completo de la tecnología en el país. Si bien se fabrican calderas, no se cuenta con desarrollo nacional de turbinas de vapor.

e. Beneficios para el desarrollo socio-económico y medioambiental

Disminución de: consumos de energía primaria, importaciones de combustible (ahorro en la balanza comercial), emisiones de gases de efecto invernadero (en particular, CO₂), pérdidas en el sistema eléctrico, inversiones en transporte y distribución.

Incremento de: la eficiencia de conversión de energía, la garantía de potencia y la calidad del servicio eléctrico.

Decentralización de la generación de electricidad, diversificación de las plantas de generación y mayor competencia en el mercado eléctrico.

Ahorro significativo de costos y aumento de la competitividad industrial.

Promoción de pequeñas y medianas empresas de construcción y operación de plantas de cogeneración y generación de empleo.

Motivación para la investigación, el desarrollo y la capacitación.

f. Beneficios de la mitigación del cambio climático⁸

Disminución de emisiones de gases de efecto invernadero al medio ambiente, en particular de CO₂. En caso de existir disponibilidad de biomasa o de otros materiales residuales, tales como gases de refinería o de proceso, residuos acumulados a la intemperie, estos pueden emplearse

⁸ Indicate adaptation benefits for adaptation technologies.

ENT. Informe final sobre Tecnologías para Mitigación 147

como combustibles, reduciendo su disposición e impactando positivamente sobre el medio ambiente.

g. Requerimientos financieros y costos

El costo de capital para una planta de cogeneración instalada en base a turbina de vapor se estima, según la capacidad de generación de energía eléctrica, en:

0.5 MW ~ 1120 ~ 560

15 MW ~ 430 ~ 6450

Este costo involucra, principalmente, los sistemas de almacenamiento y acondicionamiento del combustible, la caldera, la turbina, el generador y el sistema de control de gases de chimenea.

En circunstancias favorables, el retorno de la inversión de un proyecto de cogeneración se estima entre 3 a 5 años (EDUCOGEN, 2001). Los costos de operación y mantenimiento de estos sistemas se estiman en ~0.004 U\$S/kWh.

Los costos de inversión involucrados, y considerando especialmente la implementación de CHP en empresas de pequeña y/o mediana escala, requieren de financiamiento externo. Las posibles opciones de financiamiento, además de acceso a créditos bancarios con tasas de interés preferenciales, son *leasing* y/o asociación con empresas generadoras-distribuidoras de energía eléctrica, o con otras PyMEs localizadas en predios cercanos (ej. parque industrial).

ⁱ This fact sheet has been extracted from TNA Report – Argentina - Evaluación de necesidades tecnológicas y planes de acción tecnológica para adaptación al cambio climático. You can access the complete report from the TNA project website <http://tech-action.org/>