

5. PLANTAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE BIOMASA

5.1. INTRODUCCIÓN

Existen muchas formas de producir trabajo eléctrico (o mecánico, que es posteriormente convertido en eléctrico por un generador) a partir de biomasa sólida, ya sea mediante su combustión (bien directa o por medio de su conversión en una fuente de energía secundaria como, por ejemplo, en gas de síntesis o líquido pirolítico), o incluso por medio de reacciones electroquímicas. En este apartado se citan las tecnologías de mayor penetración en el mercado, y se justifica la elección de la tecnología empleada en este proyecto. Así, cabe destacar, las que se basan en la combustión de un biocombustible sólido, líquido o gaseoso:

- ✓ Motores de combustión interna: Motores alternativos de combustión interna (MCA) y turbinas de gas. Estos sistemas se caracterizan por ser los propios productos de la combustión los responsables de generar trabajo mecánico en un dispositivo móvil.
- ✓ Equipos de combustión externa: Turbinas de vapor (en ciclos Rankine convencionales u orgánicos) y motores Stirling. Los productos de la combustión ceden calor a otro fluido que es el encargado de producir el trabajo.

5.2. JUSTIFICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA EMPLEADA

En la figura 1 se representan diferentes sistemas de generación eléctrica, en función de sus características de potencia nominal y rendimiento eléctrico sobre el PCI.

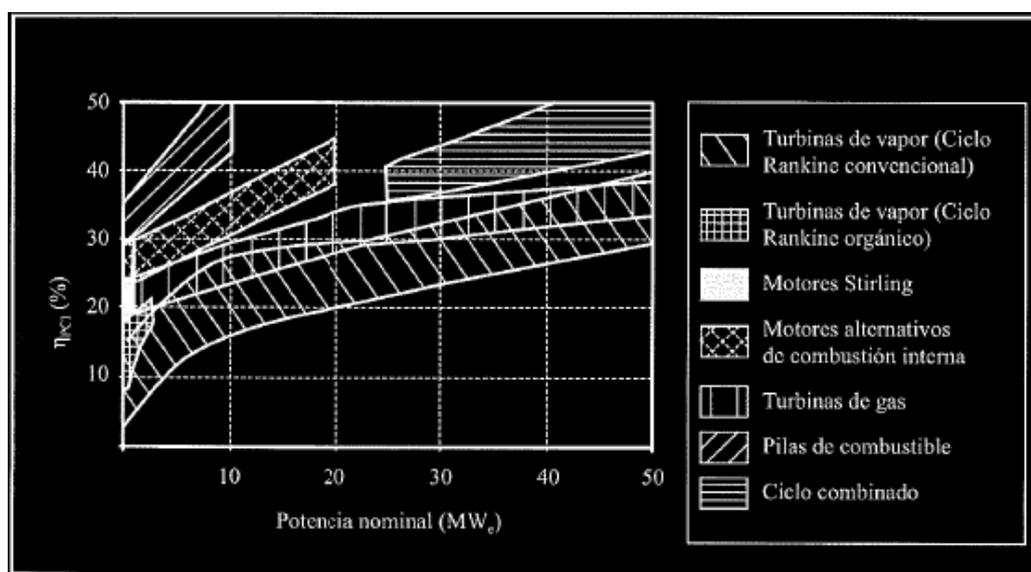


Figura 1: Comparación de tecnologías de generación de energía eléctrica aplicable al uso de biomasa

Se considera en primer lugar que la figura pretende dar una visión orientativa de la situación de tecnología representada, por lo que no se refiere específicamente a la generación eléctrica con biomasa sino a cualquier tipo de combustible y, en consecuencia, se deben tomar dichos valores como aproximados. Además, el rango de potencias representado en la figura termina en 50 MWe aunque algunas de las tecnologías incluidas, como las turbinas de gas y de vapor, cuando operan con otros combustibles como el gas natural o el carbón, pueden alcanzar potencias muy superiores.

En cuanto a la clasificación de los sistemas de producción de electricidad atendiendo a su potencia instalada, no existe consenso, sino que dependiendo del tipo de tecnología de generación y del combustible utilizado, dicha clasificación varía. No obstante, se considera que en el ámbito de la biomasa sólida los sistemas de generación de energía eléctrica pueden clasificarse de forma orientativa según:

- ✓ Pequeña potencia (< 500 kWe)
- ✓ Mediana potencia (entre 500 kWe y 2 MWe)
- ✓ Gran potencia (>2 MWe)

La tecnología más usada en la generación eléctrica con biomasa es el ciclo de turbina de vapor. Esta es la tecnología en la que se basan las centrales termoeléctricas de biomasa en monocombustión, además de co-combustión de carbón y biomasa. Aunque en teoría esta tecnología es aplicable desde muy pocos kWe, por cuestiones principalmente de carácter económico (elevado coste específico y rendimiento neto de la transformación) en la práctica existen módulos de centrales basadas en turbinas de vapor en el rango de 2 a 600 MWe. No obstante, potencias tan elevadas como estas últimas no son alcanzables en centrales de biomasa en monocombustión debido a la disponibilidad limitada del recurso y los condicionantes de logística que supondría su suministro. Por supuesto, mejoras en la tecnología y la reducción de costes podrían dar lugar a un desarrollo de módulos comerciales para rangos de potencias inferiores a las existentes en la actualidad, lo que permitiría salvar los inconvenientes asociados a la logística del recurso que presentan las plantas de elevada potencia. Los rendimientos

eléctricas estas centrales de biomasa son del orden de 18-35% sobre el PCI, pudiendo llegar incluso al 40% en algunas centrales de co-combustión.

Las principales ventajas en la generación eléctrica con biomasa mediante el ciclo de vapor operando con agua son su relativamente bajo coste específico para elevadas potencias, así como su fiabilidad y flexibilidad en la operación y los elevados rendimientos a carga parcial. No obstante, el compromiso entre conseguir una baja inversión específica (por lo general, menor cuanto mayor es la potencia instalada en la central) y una elevada eficiencia en la transformación (habitualmente, mayor cuanto mayor es la potencia instalada), en muchas ocasiones conduce a instalar potencias relativamente altas (8-25 MWe), lo cual, va acompañado de un incremento en la cantidad de recursos totales necesarios para alimentar la planta, de un aumento de la complejidad asociado a la logística de abastecimiento del recurso y de una mayor influencia del transporte de los combustibles. El compromiso entre todos los factores debe resolverse en cada caso particular en función de los recursos disponibles, las condiciones del emplazamiento, etc.

5.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE UNA PLANTA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE BIOMASA

La constitución de una central termoeléctrica de biomasa depende del tipo de biomasa y de la potencia instalada, pero con carácter general se puede decir que todas tienen en común el siguiente diagrama de bloques, donde se ha representado los principales sistemas que las componen.

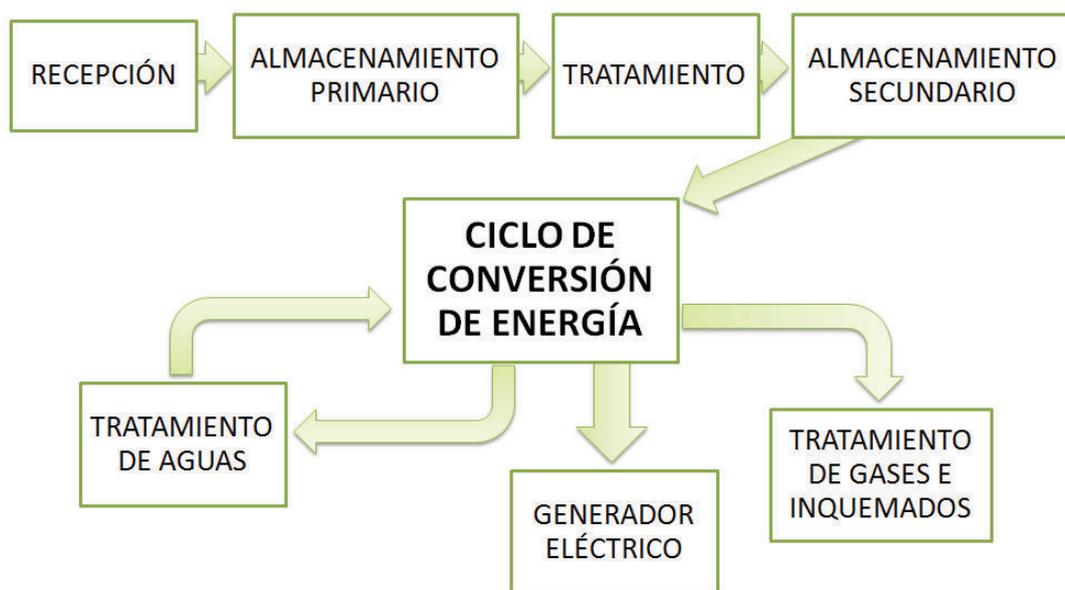


Figura 2: Diagrama de bloques de central termoeléctrica de biomasa

Una planta de biomasa eficiente y rentable se basa tanto en disponer de un sistema de conversión eficaz, como en poseer unos sistemas complementarios bien diseñados, flexibles, funcionales, disponibles y operativos siempre que el usuario lo demande, operando según las especificaciones de diseño.

El primer proceso que tiene lugar es la recepción de la biomasa con el fin de ubicarla en un almacenamiento primario. Tras aplicar los distintos tratamientos para mejorar la eficiencia de la combustión, se coloca en un almacenamiento secundario lista para su combustión. El ciclo de conversión de energía es el encargado de transformar la energía química contenida en la biomasa en energía final en forma de electricidad. Inherente al sistema de conversión de energía se encuentra el sistema de tratamiento de aguas y el sistema de tratamiento de gases e inquemados. Por último, el generador y transformador eléctrico se encargan de evacuar la electricidad a la red.

Una implantación básica de una central termoeléctrica de biomasa tiene lugar en la figura 3.

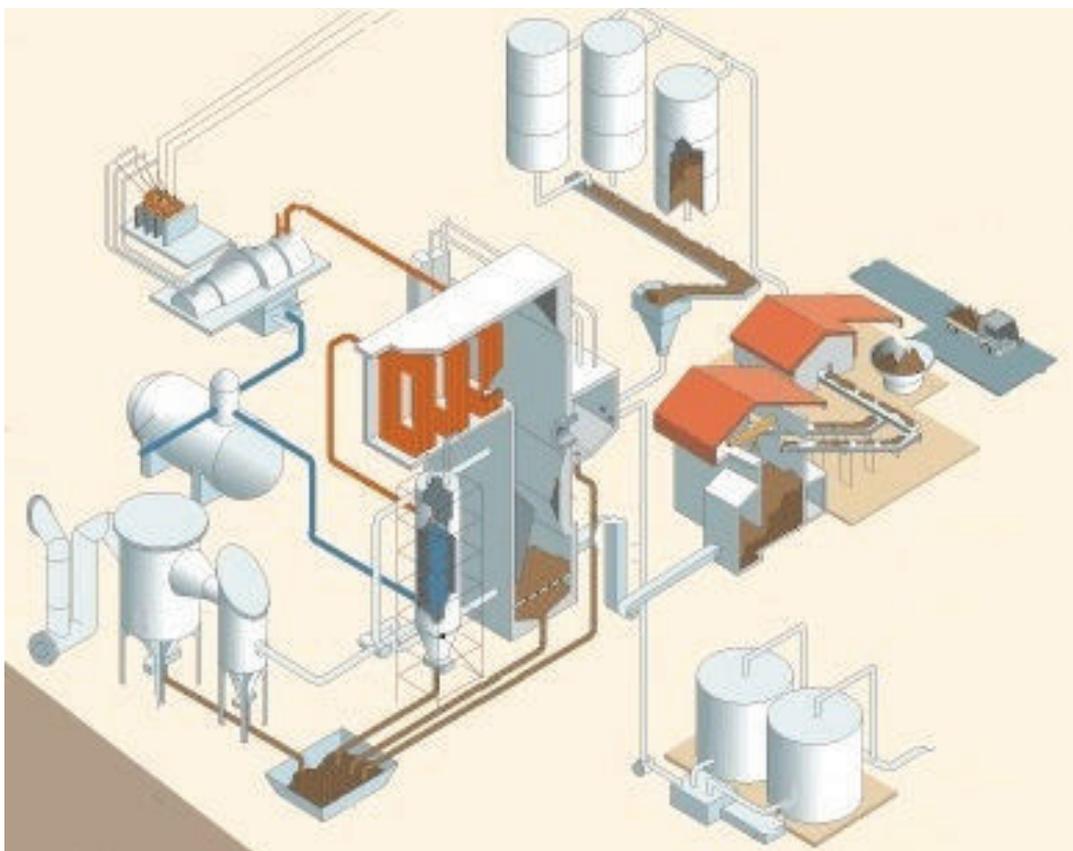


Figura 3: Implantación básica de una central termoeléctrica de biomasa

A continuación se explican de forma más detallada cada uno estos sistemas.

Recepción

El sistema de recepción de la biomasa sólida depende de las propiedades físicas de esta cuando llega a la planta. Este parámetro está condicionado a maximizar la eficiencia del transporte desde su lugar de origen hasta la planta, de forma que se acuerdan unas propiedades físico-químicas con el proveedor de biomasa. También hay que tener en cuenta el tipo de transporte, ya que no será igual la descarga por gravedad de un camión que la descarga desde un barco si la planta se encuentra cercana a un puerto marítimo.

Para tener un buen control de la planta será fundamental disponer de una balanza para camiones (o en caso de barco mediciones de altura, principio de Arquímedes) y un sistema de análisis químico de la biomasa, para asegurar PCI mínimo y humedad acordadas.

Almacenamiento primario

Tras la recepción de la biomasa se lleva a cabo el almacenamiento primario, con el objetivo de disponer de combustible suficiente para la autonomía de planta, uno de los parámetros a discutir en la optimización del diseño.

Este almacenamiento suele hacerse bajo techo para impedir aumentos de humedad debido a condiciones meteorológicas como pueden ser las lluvias.

Para poder calcular la superficie requerida de almacenamiento primario es necesario conocer distintos parámetros que caracterizan el comportamiento de esta:

- ✓ Densidad aparente de la biomasa
- ✓ Ángulo de reposo
- ✓ Altura de almacenamiento máxima
- ✓ Días de autonomía de la planta

Tratamiento

Con el objetivo de mejorar el proceso de combustión, según el tipo de biomasa es aconsejable realizar una serie de pretratamientos. Al fin y al cabo, los parámetros que más influencia tiene en el proceso de combustión son la granulometría (aumenta la superficie de reacción) y la humedad de la biomasa (aumenta la energía empleada en la vaporización del agua y disminuye el rendimiento). Por eso, los principales tratamientos son:

Reducción de la humedad:

Los biocombustibles sólidos se caracterizan por tener unos contenidos de humedad en origen relativamente altos, por ejemplo, el trigo en el inicio de la primavera tiene humedades superiores al 70% y

en el momento de la cosecha puede estar del orden del 30%. Y otros tipos de biomasa de carácter residual dependerán del tipo de proceso al que ha estado involucrada. Pero por lo general, la biomasa entra en proceso de combustión con valores de humedad entre el 10% y el 20%. Para ello existen dos tipos de secado:

Secado natural: El secado natural supone un ahorro de combustible respecto al secado forzado pero, no es posible alcanzar una humedad final media menor que la humedad de equilibrio con el medio ambiente. El proceso se realiza principalmente mediante la construcción de pilas y la renovación continua de aire.

Secado forzado: Se basa en la utilización de un agente secante, cuyas características se han alcanzado mediante el aprovechamiento energético de un combustible. Supone una disminución del tiempo de secado y permite que esté por debajo de la humedad de equilibrio con el ambiente. Los secaderos rotatorios son los más usados para procesar biomasa, aunque el uso de secaderos solares pueden una alternativa a considerar. La viabilidad económica del secado forzado de un biocombustible viene condicionada por las ventajas que ofrece en la eficiencia de los pretratamiento posteriores (molienda) y de su conversión energética, ya que los costes asociados al acondicionamiento del agente secante son en la actualidad todavía elevados y, en muchos casos, solo se plante como posibilidad para la obtención de biocombustibles de alto valor añadido.

Torrefacción: Es una tecnología en desarrollo cuyo objetivo, además del secado, es la mejora del biocombustible en varios aspectos, como aumentar el poder calorífico, aumentar la friabilidad y disminuir

la biodegradación e higroscopicidad. En la actualidad no existe desarrollo de esta tecnología a nivel industrial debido a su elevado coste.

Reducción granulométrica:

Los procesos de reducción granulométrica consisten en la disminución del tamaño de un cuerpo o partícula mediante la división o fractura de esta, cuyo principal objetivo es aumentar la superficie específica (S/V) de la partícula. Se adecua el tamaño final de las partículas a los requerimientos técnicos especificados por cada sistema de conversión energética. Una mayor reducción granulométrica conlleva un mayor coste energético, por lo que los procesos de reducción de tamaño tienen como objetivo alcanzar el óptimo entre el incremento de eficiencia en la conversión energética y el coste adicional que conlleva este pretratamiento.

La reducción de tamaño es un proceso generalmente realizado en etapas de reducción en serie, siempre en función del tamaño final deseado. Por ello, todo el proceso se puede dividir en una etapa de reducción intermedia de tamaño, la cual abarca desde la obtención del recurso hasta unos tamaños superiores a 8-10 mm, y una posterior de molienda para obtener un producto con granulometrías más finas.

En la reducción intermedia se pueden encontrar las troceadoras o astilladoras en función del tamaño de entrada y salida del recurso. Las primeras permiten mayores tamaños de partícula a la entrada y su producto final también presenta una granulometría superior al

producto de las astilladoras. En muchos casos, ambas son compatibles realizando un primer troceado y posteriormente su astillado.

Finalmente se recomienda plantear una estrategia de explotación con el fin de optimizar la globalidad de la reducción granulométrica. La estrategia debe incluir la elección de los equipos (móviles o fijos, tecnología de ruptura, unidades y potencia, etc.), la ubicación de los equipos respecto del punto de obtención y de consumo y las posibles combinaciones entre estos.

Almacenamiento secundario

La biomasa en las condiciones óptimas para el proceso de conversión de energía es almacenada en un almacenamiento secundario. El volumen de almacenamiento depende fundamentalmente de las horas de autonomía que se quiere que la planta funcione de forma automática, aunque también permite hacer frente a situaciones no deseadas como paradas o disfunciones de máquinas. Para ello los equipos más usados son los silos con tolvas de descarga.

Cuando se tiene que seleccionar una tolva o un silo, además de la determinación de su capacidad de almacenamiento, se deben fijar el tipo de flujo de material que se desea en su descarga (tipo de movimiento de las partículas en el interior de la tolva), las dimensiones de su apertura o boca de descarga y, por último, el sistema de extracción del material (debe permitir satisfacer el flujo de alimentación requerido en el proceso sin interferir en el propio funcionamiento de la

tolva). La determinación de los parámetros mencionados debe efectuarse en función de las propiedades del recurso biomásico en cuestión:

- ✓ Ángulo de fricción de pared y fricción interna
- ✓ Densidad aparente
- ✓ Cohesividad

Ciclo de conversión de energía

Para entender el funcionamiento del ciclo de conversión de energía es fundamental conocer el proceso termodinámico por el cual se convierte la energía química contenida en la biomasa en energía final en forma de electricidad.

La tecnología seleccionada, el ciclo de Rankine convencional con turbina de vapor, consiste en producir trabajo a partir de la cesión de calor desde un foco caliente a un foco frío. En este caso el vapor de agua (foco caliente) pasa por una turbina para ceder su energía y pasar a estado líquido en un condensador (foco frío). Tras el condensador una bomba se encarga de elevar la presión del líquido y enviarla a la caldera, donde se lleva a cabo la combustión de la biomasa y se alcanzan las condiciones de vapor vivo de entrada a la turbina. Este es la descripción del ciclo teórico de Rankine, en la práctica se lleva a cabo una serie de mejoras que hacen posible el proceso (caso del uso del desgasificador) o mejoran el rendimiento del ciclo (como el caso de los precalentadores).

En la figura 4 se representa un diagrama de la transformación de energía que tiene lugar en el ciclo básico de Rankine y su diagrama T-s, muy adecuado para diferenciar cada uno de los procesos que tienen lugar en el ciclo.

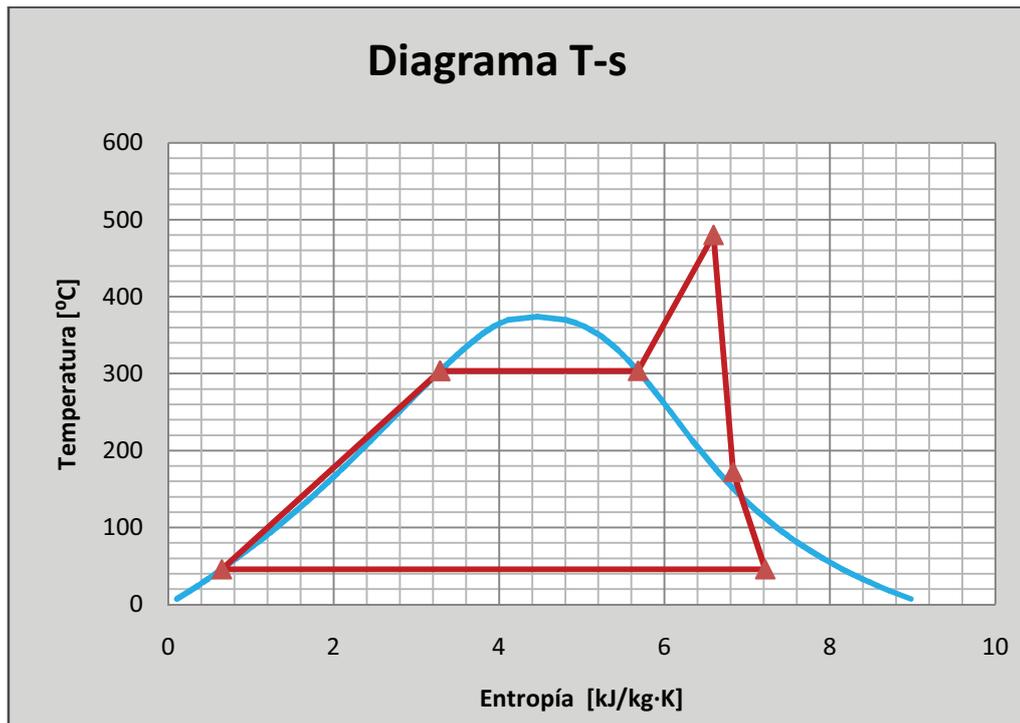


Figura 4: Diagrama T-s ciclo de Rankine

Un diagrama de proceso real correspondiente a un ciclo de Rankine de una central termoeléctrica de biomasa es el representado en la figura 5

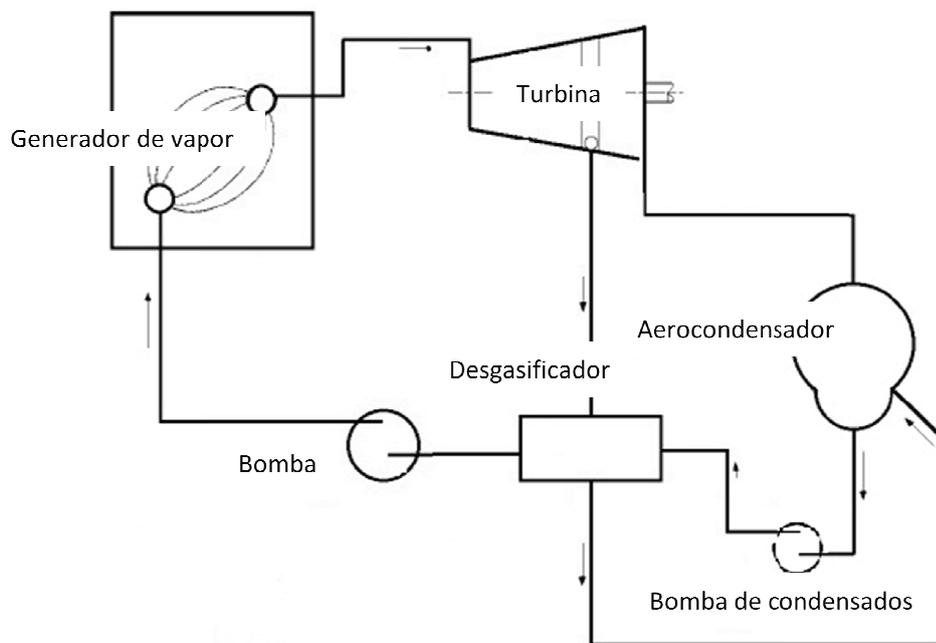


Figura 5: Diagrama de proceso de sistema de conversión de energía por ciclo básico de Rankine

En este caso la caldera prepara el vapor en las condiciones requeridas por la turbina a través de la combustión de la biomasa. La turbina dispone de una extracción controlada de vapor que se usa para alimentar el desgasificador, equipo que tiene doble función, por un lado sirve para extraer los gases que hayan entrado en el ciclo por las líneas de baja presión y por otro sirve de precalentamiento para el agua de aporte a la caldera, mejorando el rendimiento del ciclo. El vapor de salida de la turbina con baja presión y temperatura, cambia de fase en el condensador y es movido por un equipo de bombeo hasta el desgasificador. Finalmente, un equipo de bombeo de alta presión lleva el líquido hasta la presión de vapor vivo y es devuelto a la caldera,

donde se produce el calentamiento del líquido, evaporación y sobrecalentamiento del vapor.

Dada la gran importancia de los equipos que componen el ciclo de conversión de energía y con objeto de no complicar esta descripción general de planta, se decide acompañar como anexo una descripción más completa de cada uno de estos equipos.

Tratamiento de aguas

Se define como control o tratamiento químico a la alteración de las características físico-químicas de una sustancia hasta adecuarlas a unos patrones predefinidos y deseados.

El objetivo principal de un tratamiento químico en una planta es preservar la integridad de los materiales constituyentes de los diversos circuitos, manteniendo la operación de los sistemas de la planta en el nivel óptimo de disponibilidad, seguridad, fiabilidad, economía y eficiencia durante la vida útil de la instalación.

Para llevar a cabo los tratamientos químicos adecuados se necesitara conocer dos condiciones fundamentales:

-Patrón químico deseado: Viene dado por el tipo de material utilizado en la construcción de los distintos elementos del proceso tratado. Los valores de pH, por ejemplo, para el agua de caldera varían según la composición de las aleaciones utilizadas para la construcción de haces tubulares. Estos valores generalmente son aportados por los fabricantes de los equipos.

-Características físico-químicas originales de agua a tratar: La composición físico-química del agua varía según la procedencia del abastecimiento, algunos de sus parámetros a tener en cuenta son la dureza, cantidad de sólidos disueltos, materia orgánica disuelta, iones metálicos, productos químicos utilizados en fases anteriores del proceso, etc.

Fundamentalmente la acción del agua sobre los distintos sistemas tiene dos efectos perjudiciales: corrosión y formación de depósitos.

-Incrustaciones:

Una de las causas más comunes de problemas en una planta es el fallo de tubos tanto de caldera, condensadores, intercambiadores o turbina de vapor, por operar con los parámetros químicos de control fuera de las especificaciones de funcionamiento. Los mayores problemas en el rendimiento del circuito agua/vapor de las centrales están relacionados con la acumulación de depósitos porosos en la zona de agua de los tubos de caldera.

Una parte de los depósitos provienen del arrastre de los productos de corrosión generados en los sistemas previos a la caldera; otra parte proviene de la corrosión de los propios tubos de la caldera; y una última parte proviene de compuestos que arrastra el propio vapor por utilizar un agua de alimentación al sistema que no cumple con los requerimientos deseables. Las incrustaciones además de ser un problema por sí mismas, aumentan las posibilidades de que se produzca corrosión en las zonas donde se adhieren.

Las incrustaciones se deben fundamentalmente a las sales de Calcio y Magnesio que al calentarse se concentran y precipitan dando lugar a depósitos que forman una capa aislante que dificulta el intercambio de calor. Los efectos directamente ocasionados son:

- La reducción del coeficiente de transmisión de calor
- La reducción de la sección libre de paso de fluido
- La rotura de tubos por sobrecalentamiento, al ser menor el intercambio de calor.

Las incrustaciones o depósitos también pueden afectar a partes en movimiento, principalmente válvulas y alabes de turbina de vapor. En este caso, no solo se producen incrustaciones por sales cálcicas y magnésicas, sino también por deposición de sílice y diversos compuestos de hierro. Esto provoca falta de estanqueidad en válvulas, degradación acelerada de alabes y desequilibrios en el rotor de la turbina de vapor.

-Corrosión:

Podemos definir la corrosión como la reacción química o electroquímica que se produce entre un metal y el medio, que provoca su degradación y la pérdida de sus propiedades. El ataque químico comienza en la superficie y se propaga hacia el interior, pudiendo presentar el aspecto de pequeños puntos de corrosión en la superficie, pero gran profundidad en el elemento atacado. Diferentes zonas de la superficie metálica actúan como ánodo y cátodo debido a la no homogeneidad inherente de los materiales metálicos, que causa

pequeñas diferencias de potencias entre zonas adyacentes. Los iones metálicos por difusión a través de la matriz metálica se oxidan en la zona anódica y los electrones, difundidos de igual modo, reaccionan en el oxígeno disuelto en la zona catódica.

El resultado de la corrosión es la pérdida de espesor y de cualidades mecánicas, así como el desprendimiento de material que puede acumularse en ciertos puntos de la instalación, expandiendo a otras zonas los problemas de corrosión.

En caldera y ciclo agua-vapor, las partes más afectadas de la instalación serán las partes "frías", es decir, el circuito de alimentación y economizadores, ya que en las partes calientes se forma de manera natural una capa superficial de óxido de hierro denominado magnetita, que impide que la oxidación progrese al interior del metal, formando así una capa protectora. Sin embargo estas partes calientes si se verán afectadas por los desprendimientos de las partes frías.

Para conseguir un correcto control químico en el agua de caldera debemos vigilar básicamente tres parámetros:

- Oxígeno disuelto.
- pH.
- Sales disueltas.

Estos tres parámetros pueden medirse de forma continua con la instrumentación propia de la caldera, o de forma discontinua realizando análisis periódicos, si el sistema no dispone de la instrumentación

pertinente. Pero además de estos parámetros, hay que conocer las concentraciones de los productos dosificados para su control.

Los parámetros correctos de funcionamiento dependen de los fabricantes de los diferentes equipos (sobre todo caldera y turbina) y del proyecto de la planta realizado por la ingeniería responsable del diseño, cada tipo de caldera puede necesitar unos parámetros y unos rangos distintos a analizar y controlar.

Tratamiento de gases e inquemados

La técnica elegida para controlar la emisión de contaminantes en una determinada fuente depende de muchos factores; el más importante es si el contaminante es un gas o una partícula.

El método más común de control de contaminantes gaseosos es la adición de dispositivos de control agregado para destruir o recuperar un contaminante. Las técnicas de control agregado son la combustión, adsorción, absorción y condensación. Los dispositivos de combustión incluyen equipos tales como incineradores termales y catalíticos, quemadores, calderos y calentadores industriales. La combustión es la rápida oxidación de una sustancia producto de la combinación del oxígeno con un material combustible en presencia de calor. Cuando se completa la combustión, el flujo gaseoso se convierte en dióxido de carbono y vapor de agua. La combustión incompleta libera algunos contaminantes a la atmósfera. El humo es un indicador de combustión incompleta. Un ejemplo común de combustión incompleta es la quema de madera en la chimenea de una casa. La adsorción, absorción y condensación son técnicas de recuperación. Algunos dispositivos que

usan estas técnicas son los adsorbedores de carbón, la torre rociadora y condensadores de superficie. Estas técnicas aplican sencillos principios físicos para remover los contaminantes en un flujo de gas.

A continuación se describen los dispositivos de control de partículas más usados.

Precipitadores electrostáticos

Los precipitadores electrostáticos (PES) capturan las partículas sólidas en un flujo de gas por medio de la electricidad. El PES carga de electricidad a las partículas atrayéndolas a placas metálicas con cargas opuestas ubicadas en el precipitador. Las partículas se retiran de las placas mediante "golpes secos" y se recolectan en una tolva ubicada en la parte inferior de la unidad.

Filtros

El filtro de tela o cámara de filtros de bolsa trabaja bajo el mismo principio que una aspiradora de uso doméstico. El flujo de gas pasa por el material del filtro que retira las partículas. El filtro de tela es eficiente para retener partículas finas y puede sobrepasar 99 por ciento de remoción en la mayoría de las aplicaciones. Una desventaja del filtro de tela es que los gases a altas temperaturas a menudo tienen que ser enfriados antes de entrar en contacto con el medio filtrante.

Lavadores Venturi

Los lavadores Venturi usan un flujo líquido para remover partículas sólidas. En el lavador Venturi, el gas cargado con material particulado pasa por un tubo corto con extremos anchos y una sección estrecha.

Esta constricción hace que el flujo de gas se acelere cuando aumenta la presión. El flujo de gas recibe un rocío de agua antes o durante la constricción en el tubo. La diferencia de velocidad y presión que resulta de la constricción hace que las partículas y el agua se mezclen y combinen. La reducción de la velocidad en la sección expandida del cuello permite que las gotas de agua con partículas caigan del flujo de gas. Los lavadores Venturi pueden alcanzar 99 por ciento de eficiencia en la remoción de partículas pequeñas. Sin embargo, una desventaja de este dispositivo es la producción de aguas residuales.

Cámaras de sedimentación

Las cámaras de sedimentación emplean la fuerza de gravedad para remover partículas sólidas. El flujo de gas ingresa a una cámara donde disminuye la velocidad del gas. Las partículas más grandes caen del flujo de gas en una tolva.

Debido a que las cámaras de sedimentación son efectivas sólo para la remoción de partículas más grandes, usualmente se usan junto con un dispositivo más eficiente de control.

Ciclones

Los ciclones usan el principio de la fuerza centrífuga para remover el material particulado. En un ciclón, el flujo contaminante es forzado a un movimiento circular. Este movimiento ejerce fuerza centrífuga sobre las partículas y las dirige a las paredes exteriores del ciclón. Las paredes del ciclón se angostan en la parte inferior de la unidad, lo que permite que las partículas sean recolectadas en una tolva. El aire limpio sale del ciclón por la parte superior de la cámara, pasando por un espiral de

flujo ascendente o vórtice formado por una espiral que se mueve hacia abajo. Los ciclones son eficientes para remover partículas grandes pero no son tan eficientes para partículas pequeñas. Por esta razón, a menudo se usan con otros dispositivos de control.

Debido a que los dispositivos para el control de partículas capturan los contaminantes pero no los destruyen, es necesario disponer adecuadamente el material recolectado. Las partículas sólidas recolectadas frecuentemente se disponen en un relleno. Las aguas residuales generadas por los lavadores deben enviarse a una planta de tratamiento de aguas residuales. Cuando es posible, el material particulado recolectado se recicla y vuelve a usar.

En muchos casos, se usa más de uno de estos dispositivos en serie para obtener la eficiencia deseada de remoción. Por ejemplo, se puede usar una cámara de sedimentación para retirar partículas grandes antes de que el flujo contaminante ingrese a un precipitador electrostático.

Sistema de evacuación de electricidad

1. El generador eléctrico.

Los generadores eléctricos son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estator). Si mecánicamente se produce un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generara una fuerza electromotriz.



Figura 6: Generador eléctrico

El generador también puede ser usado en el arranque de la central como motor para mover la turbina y el compresor hasta que se alcance la velocidad necesaria para poder empezar a introducir combustible en la cámara de combustión y que sea la turbina la que arrastre al generador y al compresor, empezando entonces nuestra central a producir energía eléctrica.

El generador suele ser trifásico, esto quiere decir que produce un conjunto de tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud y por consiguiente, valor eficaz, que presentan diferencia de fase entre ellas de 120° , y están dadas en un orden determinado.

2. La subestación de transformación.

La subestación eléctrica es usada para la transformación de la tensión de red o de nuestro generador a una tensión adecuada a nuestras necesidades. En el caso de las centrales productoras se eleva la tensión que está dando el generador hasta la tensión de la red de distribución a la que se está conectado, puede luego haber otras

subestaciones encargadas de elevar a un más la tensión para las líneas de distribución de larga distancia o disminuirla para el consumo. Lo que se consigue al elevar las tensiones es disminuir la intensidad que circula por las líneas obteniendo con ello una reducción de pérdidas y que la sección de los conductores sea menor con el consiguiente ahorro económico.

Para el control de la subestación se emplea la siguiente aparamenta:

- ✓ Seccionadores, se encargan de cortar las líneas cuando no circula corriente a través de ellas.
- ✓ Interruptores, encargados de cortar las líneas cuando circula corriente.
- ✓ Transformadores de intensidad y tensión, encargados de realizar las medidas de los parámetros de funcionamiento de nuestra línea.
- ✓ Descargadores, son los elementos encargados de enviar a tierra las sobretensiones provocadas o bien por la caída de un rayo o por una sobretensión del generador.

El transformador de tensión es el principal elemento de la subestación, es el encargado de convertir el valor de la tensión del generador en el valor de la tensión de la red donde volcamos la energía producida, por lo que es un punto crítico al ser por donde sale toda la energía eléctrica.



Figura 7: Imagen de un transformador eléctrico

Los transformadores son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos, en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado de hierro dulce o hierro silicio. Las bobinas o devanados se denominan primario y secundario según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente.

Los transformadores suelen ir encapsulados y bañados en aceites minerales para su refrigeración y aislamiento, ya que suelen calentarse por las corrientes eléctricas que circulan a través de ellos. Se debe tener especial cuidado con los aumentos de temperatura, para no sobrepasar ciertos límites ya que se podrían provocar altas presiones dentro de la carcasa del transformador e incluso explosiones que podrían acarrear serios problemas al estar el aceite implicado. Los grandes

transformadores de las centrales tienen sus propios sistemas de refrigeración para evitar estos posibles problemas.