

Capítulo 2: Introducción a las Turbinas de Gas.

De entre los distintos métodos que existen para la generación de potencia mecánica, la turbina es, en muchos aspectos, el más satisfactorio. Una turbina de gas es una máquina capaz de generar potencia mecánica a partir de la combustión de una mezcla de combustible y aire en determinadas condiciones de presión. Actualmente las turbinas de gas tienen un amplio rango de aplicaciones entre los que destacan la propulsión aérea y la generación de energía eléctrica.

La aplicación directa a la generación de energía eléctrica se realiza de multitud de maneras. De entre todas, hay que destacar la aplicación de la turbina de gas dentro de ciclos combinados de gas y vapor, donde la turbina de gas hace de ciclo de cabeza, utilizándose la energía de los gases de su escape para la generación de vapor en una caldera de recuperación. Una configuración típica de este tipo de planta se muestra en la figura 2.1.

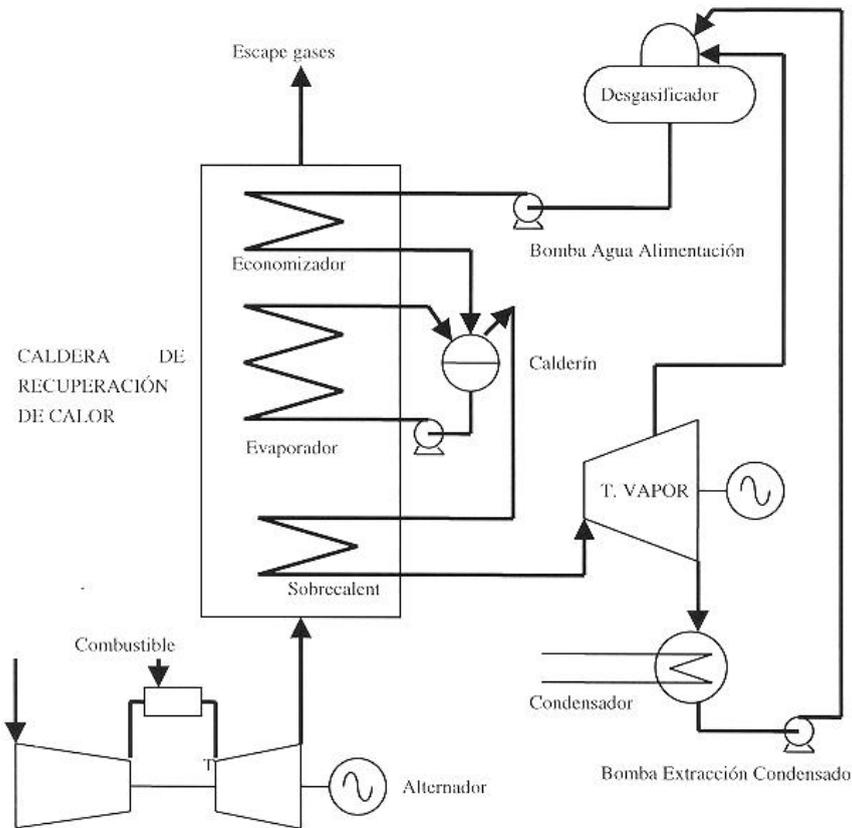


Figura 2.1: Esquema de un ciclo combinado de gas y vapor.

Como se puede observar los elementos fundamentales de este tipo de plantas de generación son:

- Turbina de gas.
- Caldera de recuperación de vapor.
- Ciclo de vapor.

Para que a través de una turbina tenga lugar una expansión, es necesario que exista una diferencia de presiones, por lo que el primer paso en el ciclo de una turbina de gas será la compresión del fluido de trabajo. Así pues el primero de los elementos indispensables de los que se compone una turbina de gas es un compresor. Dicho compresor podrá ser centrífugo o axial, si bien, los grandes gastos que se manejan en la generación de electricidad obliga a descartar de principio los de tipo centrífugo.

Una vez alcanzada la presión necesaria para que en la turbina se pueda producir la expansión, habrá que dotar al fluido de trabajo de la energía suplementaria precisa, para que su expansión en la turbina produzca la potencia necesaria para vencer las posibles pérdidas, arrastrar al compresor y generar potencia útil en eje. Esta energía se transmite al fluido a partir de un combustible y a través de una reacción de combustión. Dicha reacción se realizará en la cámara de combustión, que será el otro elemento fundamental de la turbina de gas.

Por lo tanto, los elementos fundamentales de la turbina de gas serán:

- Compresor.
- Cámara de combustión.
- Turbina.

1. Configuraciones para la Turbina de Gas.

Como se ha dicho, los anteriores son sus elementos fundamentales, pero la disposición de dichos elementos determinará el tipo de montaje de la turbina de gas. Existe una gran variedad de montajes, los más interesantes son:

- Montaje en eje simple.
- Montaje en doble eje.
- Ciclo regenerativo.

Montaje en eje simple.

Este es el tipo de montaje más sencillo. Consta de un compresor, una cámara de combustión y una turbina (ver figura 2.2). El compresor y la turbina están acoplados en el mismo eje, y por lo tanto giran solidariamente. El compresor es de tipo axial de varios escalonamientos dependientes de la relación de compresión. La turbina también es de tipo axial, y con un número de escalonamientos inferior al del compresor. Esto es debido al diferente comportamiento de los flujos dentro de una turbina y de un compresor. En la turbina el gradiente negativo de presiones permite que la deflexión sea adecuada para cualquier relación de expansión. Esto no ocurre así con un gradiente positivo de presiones, donde aparecen problemas de desprendimiento.

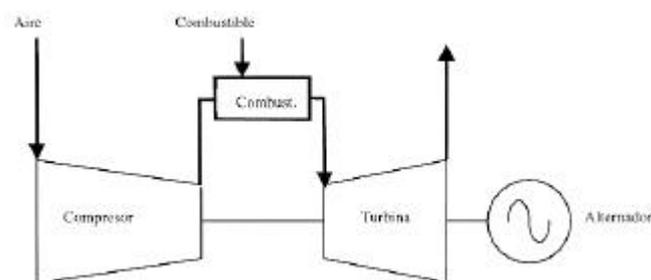


Figura 2.2: Esquema de un montaje de turbina de gas en eje simple.

El proceso que tiene lugar dentro de la turbina de gas es por lo tanto sencillo:

1. El aire que proviene del ambiente entra en el compresor, donde se comprime hasta los niveles de presión adecuados. El gasto másico y la relación de compresión serán función de la aplicación y de la potencia solicitada.
2. Una vez el aire comprimido sale del compresor, entra en la cámara de combustión donde se mezcla con el combustible, para que se produzca la reacción de combustión. Dicha combustión se realizará a presión constante. Las únicas variaciones de presión serán debidas a las pérdidas de carga.
3. Los gases que son productos de la combustión, se conducen hasta la turbina donde se expanden hasta una presión ligeramente superior a la del ambiente (de nuevo las pérdidas de carga). El nivel de temperatura de los gases en la admisión de la turbina será muy alto, y estará limitado por los materiales utilizados en los primeros escalonamientos.

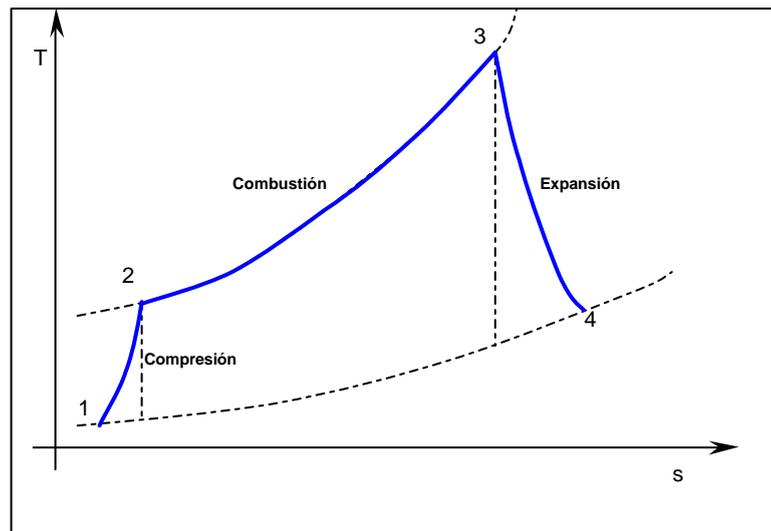


Figura 2.3: Diagrama T-s del ciclo de una turbina de gas de eje simple.

El proceso descrito puede ser representado en un diagrama T-s (Figura 2.3), quedando de manifiesto las peculiaridades del ciclo. La simple observación del diagrama presentado pone de manifiesto que el ciclo no es cerrado, ya que los gases de escape no vuelven a entrar en la turbina. Esto es debido a que sería imposible realizar de manera continua la combustión con el mismo aire, ya que se agotaría el oxígeno. Por lo tanto se puede decir que la turbina de gas de combustión interna describe un ciclo abierto. En la anterior figura se representa un ciclo de una turbina en eje simple ideal en el que no se han representado las pérdidas de carga que se mencionaron anteriormente, se ha hecho así para simplificar la representación

Como consideración final decir que este tipo de montaje suele ser utilizado para la generación de energía eléctrica sobre todo en plantas de potencia basadas en ciclos combinados de gas y vapor.

Montaje en doble eje.

Como su propio nombre indica, este tipo de montaje está constituido por dos ejes que giran de manera independiente. Además utiliza dos turbinas, una de las cuales arrastra al compresor, que está unido al primer eje. La segunda turbina está acoplada con la carga mediante el segundo eje, siendo ésta la que realmente genera la potencia. La misión de la primera turbina no es otra que la generar la potencia que consume el compresor, lo que se consigue con un salto de presión inferior al que tiene que suministrar el compresor. El salto de presión restante es el que aprovecha la segunda turbina para generar el trabajo útil. En la figura 2.4 se presenta un esquema de este tipo de montajes:

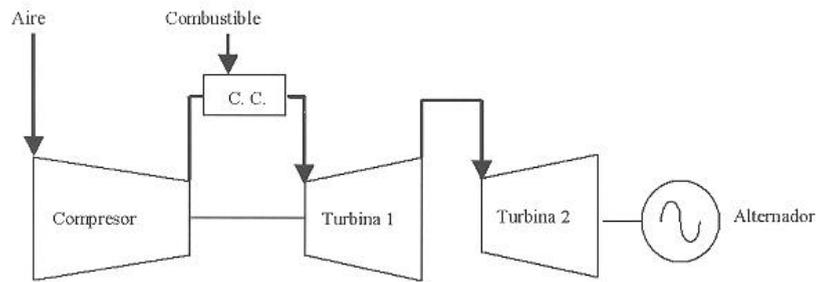


Figura 2.4: Esquema de un montaje en doble eje.

Este tipo de montaje no es el más apropiado para la generación eléctrica, ya que un hipotético desequilibrio entre la carga y la segunda turbina podría producir un embalamiento en el eje de dicha turbina, quedándose fuera de las especificaciones para la frecuencia de generación, cosa que no ocurre en el montaje en eje simple debido a que la turbina también arrastra al compresor. Esto da al eje unido a la carga más inercia consiguiéndose así que las variaciones de velocidad sean menos importantes.

Sin embargo este montaje se comporta mejor cuando su uso está sujeto a variaciones de carga y régimen de giro importantes, sin necesidades estrictas de mantener la velocidad de giro, ya que se puede regular el funcionamiento de ambas turbinas por separado, haciendo que las variaciones en las condiciones de funcionamiento del eje del generador no afecten tanto al conjunto turbina-compresor permitiendo mantener rendimientos aceptables del conjunto ante variaciones importantes en la carga.

El ciclo termodinámico se representa en la figura 2.5:

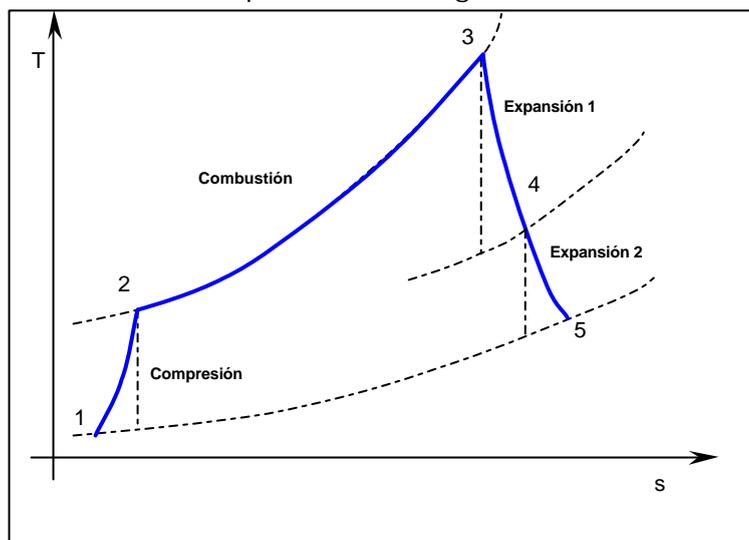


Figura 2.5: Diagrama T-s de un montaje en doble eje.

Ciclo regenerativo.

La característica diferenciadora de este tipo de montaje es la incorporación de un intercambiador de calor. El objetivo de este tipo de ciclos es el aprovechamiento del calor de los gases de escape. Para ello se dispone el intercambiador para que los gases de escape precalienten el aire antes de entrar en la cámara de combustión. Con ello se consigue que se mejore el rendimiento del ciclo. El esquema básico de este tipo de montajes se muestra en la figura 2.6:

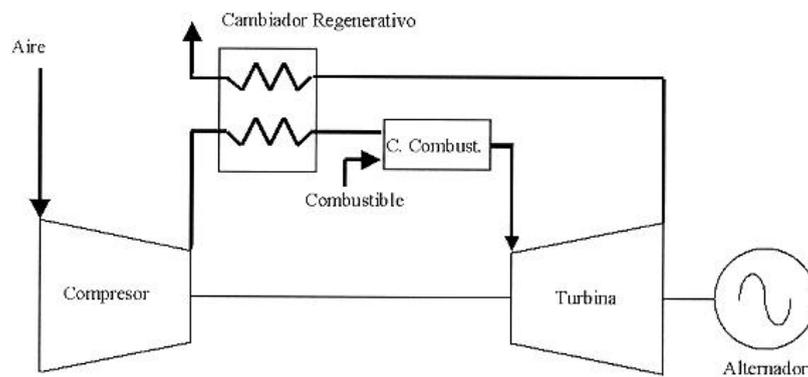


Figura 2.6: Esquema de un montaje en ciclo regenerativo.

Como se puede intuir este no es el tipo de montaje mas adecuado para plantas de ciclo combinado, ya que en este tipo de plantas lo que interesa es el aprovechamiento del calor de los gases de escape para la generación de vapor. El ciclo regenerativo tiene mas aplicación en generación eléctrica de ciclo simple.

El ciclo regenerativo tiene la ventaja fundamental frente a otro tipo de montajes de aumentar el rendimiento. Sin embargo, este aumento se consigue a costa de hacer mas compleja la instalación. Por lo tanto, la implantación de este tipo de ciclo estará sujeta al pertinente estudio económico que justifique el encarecimiento que supone su utilización.

En la figura 2.7 se presenta una representación del ciclo regenerativo en el diagrama s-T:

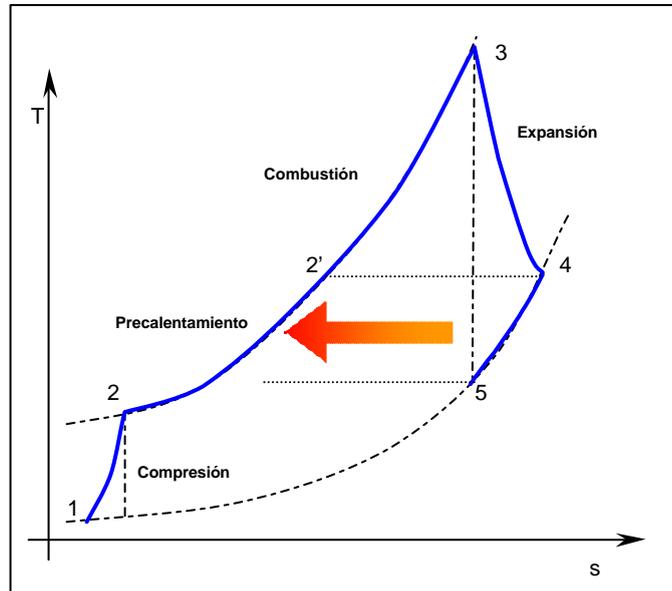


Figura 2.7: Diagrama T-s de un ciclo regenerativo.

2. Regímenes de operación

En general, se distinguen tres estados de operación de las plantas de potencia y de sus componentes. Éstos son:

- Puesta en marcha.
- Parada.
- Régimen normal de operación.

La parada y la puesta en marcha representan los mayores problemas de control ya que éstos requieren una secuencia de operaciones para cada uno de los componentes de la planta hasta llegar al régimen de funcionamiento final. Durante este proceso muchas variables deben ser controladas para que la operación sea segura. Al mismo tiempo, son deseables un tiempo y unas pérdidas de energía mínimas durante estos procesos. La puesta en marcha para una turbina de gas está compuesta por la sucesión de procesos que se relaciona a continuación:

1. Bombeo de lubricante hacia los cojinetes del rotor.
2. Impulsión mediante motor de arranque para comienzo de giro del rotor.

3. Suministro de combustible a la cámara de combustión para establecimiento de llama.
4. Conexión a la red una vez alcanzada la velocidad de giro necesaria.
5. Incremento de la carga hasta el valor requerido.

En el caso de plantas de potencia mayores aparecen problemas adicionales durante la parada y la puesta en marcha de ciertos componentes. Ésto es especialmente importante en los ciclos combinados debido a que existe una conexión entre los dos ciclos en cuanto al intercambio de calor.

3. Condiciones de seguridad

En este tipo de plantas la seguridad juega un papel muy importante tanto en el ciclo del gas como en el del vapor.

En particular, para la turbina de gas, el sistema de control debe garantizar que no se den ninguna de las siguientes circunstancias:

1. Velocidad de giro excesiva.
2. Temperatura de escape excesiva.
3. Vibraciones en la turbina.
4. Pérdidas de llama.
5. Temperatura de lubricante excesiva.
6. Presión hidráulica baja.
7. Presión neumática baja.
8. Presión de lubricante baja.
9. Temperatura excesiva en el alternador.

El control de todas estas variables se lleva a cabo mediante el sistema de regulación de la turbina de gas. Este sistema de regulación mide cada una de las variables y dependiendo de la diferencia respecto a un valor de referencia actuará para llevar la variable correspondiente a un valor seguro.

En resumen, el sistema de seguridad funcionará como un sistema clásico de lazo cerrado en el que a partir de la diferencia entre el valor real y el de consigna de la variable a controlar, se actúa sobre la variable controladora correspondiente.