

CAPÍTULO DOS.

ANTECEDENTES.

2.1 INTRODUCCIÓN.

A lo largo de este capítulo se comenta la historia del uso de vapor así como su obtención, tratamiento y la forma de conversión para lograr algún tipo de energía. En el área de la generación de energía, las invenciones más innovadoras fueron las relacionadas al uso del vapor. En esta descripción se habla desde la primera máquina creada por James Watt hasta un generador de vapor que es el tema principal de este proyecto.

La importancia de las máquinas de vapor, atrajo a científicos como Carnot a fundar la termodinámica, rama de la física que estudia el calor y las propiedades térmicas de la materia.

A inicios del siglo XX, las máquinas se aplicaban a las bombas para extraer el agua de las minas. En 1775 James Watt diseñó una máquina de vapor para usos múltiples, que tuvo gran aceptación en la industria mecánica y metalúrgica (forjas y martinets), la textil (movimiento de los telares) y la alimenticia (molinos). Muy pronto se comenzó a pensar en la utilización del vapor para el transporte; de esta forma se crearon los primeros buques de vapor. Todas estas invenciones influían sobre los demás sectores de la producción; las máquinas de vapor permitían una mejora en la explotación de minas; en la construcción ya que requería de mayores cantidades de hierro. [3]

2.2 JAMES WATT (1736 – 1819)



Fig 2.1 James Watt

Inventor e ingeniero mecánico escocés de gran renombre por sus aportaciones a la máquina de vapor.

Nació el 19 de enero de 1736, en Cartsdike, Greenock; Escocia. Trabajó como constructor en el taller mecánico de su padre, donde obtuvo destreza en la construcción de instrumentos de precisión y pronto empezó a interesarse en el perfeccionamiento de las máquinas de vapor, inventadas por los ingenieros ingleses Thomas Savery y Thomas Newcomen, que se utilizaban en aquel momento para extraer agua de las minas.

Hizo estudios teórico-prácticos sobre el vapor y su comportamiento en las anteriores máquinas de vapor que hasta entonces no tenían servicio útil; y logró un rediseño y perfeccionamiento a un modelo que se conserva hoy en día en el Museo de la Ciencia de Kensington (Inglaterra). [27]

Watt determinó las propiedades del vapor, en especial la relación de su densidad, la temperatura y la presión; y diseñó una cámara de condensación independiente a la máquina de vapor que evitaba las grandes pérdidas de vapor en el cilindro y aumentaba

las condiciones de vacío. La primera patente de Watt, en 1769, cubría esta máquina y otras mejoras de la máquina de Newcomen, así como la camisa de vapor, el engrase de aceite y el aislamiento del cilindro; con el objetivo de mantener las altas temperaturas necesarias y así tener una máxima eficiencia.

Su nuevo método logró una mejora en su economía funcional, al hacer ahorrar combustible en las máquinas de vapor, el cuál tuvo dificultades al principio, pero más tarde consiguió excepcionales ingresos, sobre todo en aquellas regiones donde el carbón era de un alto precio y era indispensable economizar el bombeo en las mina.

Watt tiene el mérito de que su invención parte de unos antecedentes básicos, ya que en esos momentos no se tenía mayor información que la relacionada con los dispositivos de Papin (1690), que es el empleo de la presión del vapor sobre un pistón en un cilindro de simple efecto.

Todas estas investigaciones fueron financiadas por su socio el inventor británico John Roebuck, sin embargo, en 1775 Roebuck entró en contacto con el fabricante británico Matthew Boulton, propietario en Birmingham del Soho Engineering Works, y comenzaron a fabricar máquinas de vapor.

Watt continuó con sus investigaciones y patentó otros inventos, como ejemplos el motor rotativo para impulsar varios tipos de maquinaria; el motor de doble efecto, en el

que el vapor puede distribuirse a uno y otro lado del cilindro; y el indicador de vapor que registra la presión de vapor del motor. [28]

La Real Sociedad de Londres premió sus trabajos de estudio sobre el agua y el vapor y la Academia de Ciencias francesa le incluyó como uno de los ocho miembros extranjeros de la misma. Disfrutó de distinciones por su trascendente obra en la revolución industrial no menospreciada con la invención de los motores de combustión, ni la electricidad, ya que muchas de las industrias usan centrales térmicas como fuente de energía utilizable.

Se retiró de la empresa en 1800 y desde entonces se dedicó por completo al trabajo de investigación. Murió el 19 de agosto de 1819 en Heathfield, Inglaterra.

2.3 PRIMEROS DESARROLLOS.

Cuando los conquistadores Británicos llegaron por primera vez a América cerca del siglo XVII, dejaron un país que todavía no se veía afectado por la Revolución Industrial. Ellos venían con una estrategia política y de crecimiento de su nacionalismo, la idea de poder desarrollar una economía creciente en tierras americanas.

Para ese entonces Inglaterra era el ejemplo a seguir de un imperio exitoso. Durante la primera mitad del siglo XVIII, los Británicos empezaron a cavar canales, extraer el carbón de las minas, mecanizar la industria textil, crear máquinas de vapor y en

general desarrollaron una industria dominante del siglo en curso. En América, tomaba lugar algo similar, pero a menor escala.

Mecánicos y artesanos fundaron ellos mismos sus talleres donde desarrollaban o inventaban las demandas hechas por los gobiernos federales de mejores manufacturas y el mejoramiento del transporte, estos dos para lograr una balance integrado y una economía autosuficiente.

Una solución a todas estas demandas fue la invención de la máquina de vapor desarrollada por Thomas Newcomen, de la cuál se desconocen los detalles. Newcomen estaba muy familiarizado con los problemas de agua en las minas por lo que para 1712, había trabajado en la combinación y proporción de una máquina de vapor la cual se puso en operación en Staffordshire. [29]

Esta nueva máquina había solucionado los problemas de agua en las minas, proporcionaba en cantidades necesarias el poder requerido para poner en operación las bombas de movimiento recíproco.

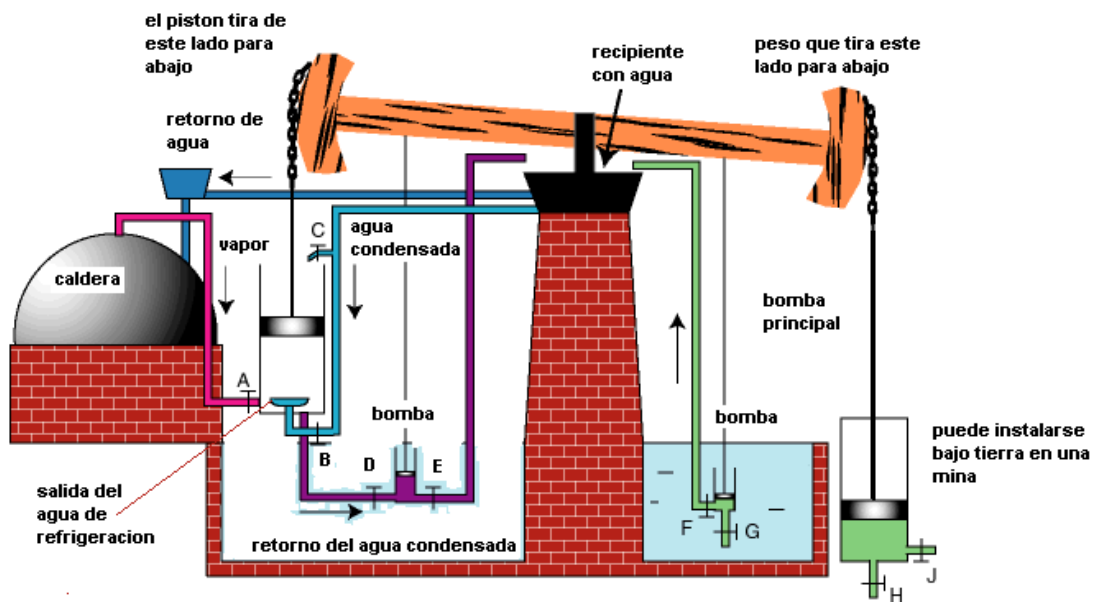


Fig 2.2 Máquina de Newcomen.

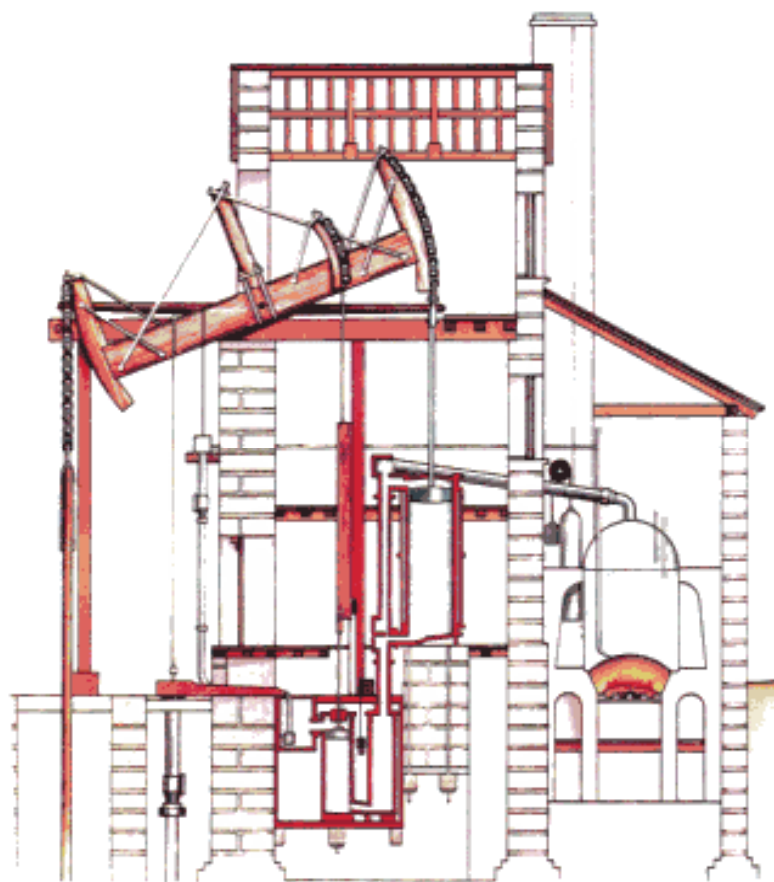


Fig 2.3 Máquina de Watt.

La máquina de Newcomen tenía un rendimiento poco satisfactorio, debido a que el vapor se enfriaba en el propio cilindro. En 1764, James Watt, recibió dicha máquina para su reparación, para el verano de 1765 había hecho importantes modificaciones; hace que el vapor se condense en un recipiente especial, el condensador, que conecta con un tubo al cilindro al que es cerrado en ambos extremos. Así se podía mantener caliente el cilindro, ahorrándose una importante cantidad de combustible.

Con la implementación de esta máquina de vapor, creó un interés especial para los empresarios que llegaron a América cerca de 1776. Para ese tiempo, las colonias americanas se transformarían en una nueva nación. Esta también puede ser una razón por la cuál James Watt es considerado el pionero de las máquinas de vapor, ya que las máquinas que fueron diseñadas posteriormente siguen el principio o una aplicación diferente a la hecha por Watt. [32]

2.4 INVENTORES Y EXPERIMENTOS.

La historia de las primeras máquinas de vapor nos exige algunas aclaraciones sobre los principios en que está basada y en particular sobre la evolución de las ideas referentes a la presión atmosférica.

En 1644 Torricelli enunció que la presión atmosférica era igual a la ejercida por una columna de mercurio de unos 760 milímetros de altura aproximadamente.

En 1654, Von Guericke, con su famoso experimento de Magdeburgo, hizo una demostración de la inmensa fuerza que la atmósfera podía ejercer. Mostró que cuando dos hemisferios de 50 centímetros de diámetro perfectamente ajustados eran unidos de manera que formaran una esfera y se hacía el vacío en su interior, dos tiros de ocho caballos cada uno no podían separarlos. En otro experimento más relacionado con la historia de la máquina de vapor mostró que cuando se creaba un vacío parcial bajo un émbolo de grandes dimensiones introducido en un cilindro, la fuerza sumada de cincuenta hombres no podía evitar que la presión atmosférica llevase el émbolo al fondo del cilindro. En ello se basan las máquinas de vapor llamadas máquinas atmosféricas, puesto que era la presión de la atmósfera la que proporcionaba la fuerza motriz.

Después de varios intentos con varios sistemas para lograr el vacío necesario, el primero en utilizar el vapor de agua para este fin fue Denis Papin (1647-1714). En 1687 publicó, la Descripción y empleo de la nueva máquina para elevar el agua, artículo en el que describe el funcionamiento básico de la máquina neumática, la cuál consistente en un cilindro vertical, donde se mueve el pistón por acción de la fuerza del vapor del agua calentada en el fondo del cilindro ejercida sobre este. El vapor hace ascender el pistón, el cuál era sostenido en el punto más alto de su recorrido. Luego se enfriaba el cilindro haciendo que el vapor se condensara, permitiendo al pistón ser empujado hacia el fondo del cilindro por la presión atmosférica. La máquina de Papin no tenía demasiada importancia, pero estableció el principio de que se podía utilizar el vapor para mover un pistón de arriba hacia abajo en el interior de un cilindro.

En 1698, el mecánico inglés Thomas Savery (1650-1715) construye una máquina para bombear el agua de las minas de Cornualles, siendo esta la primera vez que se emplea la presión del vapor como fuerza motriz para un uso industrial. La máquina de Savery fue perfeccionada por Thomas Newcomen (1663-1729) con su máquina atmosférica, que en 1712 estaba ya en funcionamiento, y que durante casi un siglo se empleó para bombear agua de las minas.

2.5 CIRCUITO AGUA - VAPOR.

Este ciclo se refiere a los elementos que se encuentran en contacto directo con el agua del circuito dependiendo del estado líquida o vapor. El circuito empieza a partir de la vaporización del agua en el generador, pasando por las turbinas de vapor para desarrollar la energía mecánica a partir de la expansión del vapor.

Se puede seguir utilizando el vapor de la turbina, este lleva a un condensador para poder manejar el agua a su forma líquida. Es necesario llevar esta agua en forma líquida al generador para su posterior utilización en la turbina, se debe hacer llegar el líquido por las bombas de alimentación, las cuales aumentan su presión y lo llevan al generador, para iniciar así un nuevo ciclo.

2.6 GENERADORES DE VAPOR.

A la combinación de una caldera y un sobrecalentador se le conoce como generador de vapor. Debido a que no estamos limitados a usar vapor saturado en la entrada de la turbina, se puede transferir al vapor energía adicional dando como resultado vapor en condiciones de sobrecalentamiento. [30]

Una caldera es un aparato a presión en donde el calor procedente de cualquier fuente de energía se transforma en utilizable, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor. La caldera de vapor supercalentado el medio de transporte es vapor a una temperatura superior a 110°C.

En el estudio de los generadores se tiene que debe considerar los siguientes componentes:

- El hogar que es la cámara donde se realiza la combustión. La cámara confina los productos de la combustión y puede resistir altas temperaturas y las presiones que se utilizan. Sus dimensiones y geometría se deben adaptar a la velocidad con que se libera el calor, al tipo de combustible y al método de combustión completa.

- Los quemadores son los dispositivos que permiten realizar la mezcla para la entre el combustible y el carburante de manera controlada para poder lograr una buena combustión, de esta manera asegurando la potencia calorífica requerida, por medio de una flama.

- Los combustibles son sustancias con la propiedad fundamental de reaccionar químicamente con otra sustancia y producir calor. El término combustible se limita por lo general a aquellas sustancias que reaccionan fácilmente en aire u oxígeno emitiendo grandes cantidades de calor. Pueden encontrarse en forma sólida, líquida y gaseosa.

- La caldera propiamente dicha, compuesta de un cuerpo cilíndrico de lamina de acero herméticamente cerrado y expuesto a la acción de las llamas y de los gases calientes.

- El conducto de humos, que conducen a los productos de la combustión desde el hogar hasta la base de la chimenea.

2.7 TIPOS DE GENERADORES.

El generador es fundamental en una planta ya que el vapor no se puede obtener a menos que se tenga en un generador, de otra forma cuando se cuenta con una fuente de vapor o de calor subterránea.

Existen varios tipos de generadores, una clasificación básica considera si pasa agua o vapor por los tubos que componen al generador. El tipo acuatubular es el más

común pero todavía existen generadores pirotubulares, es decir, aquellos que trabajan con vapor que son de uso para pequeñas industrias.

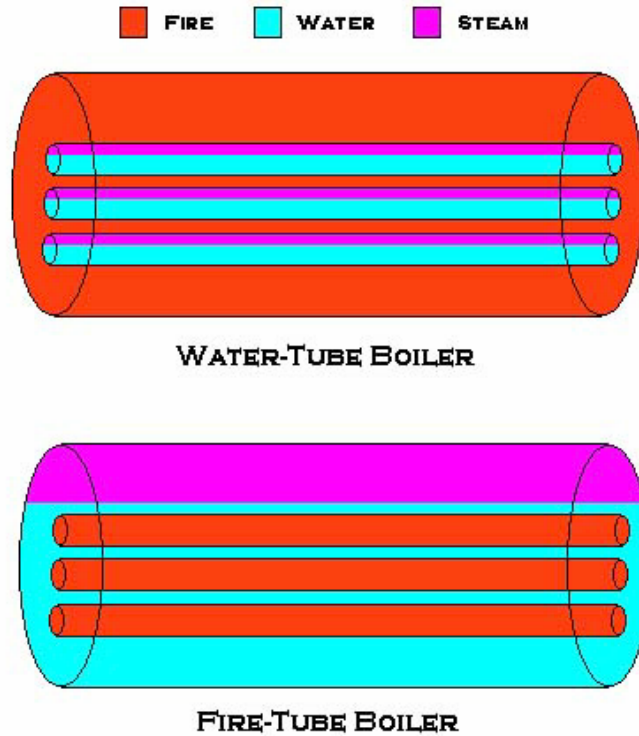


Fig 2.4 Tipos de Generadores.

Tomando en cuenta la clasificación anterior, podemos hablar de los siguientes tipos de calderas:

2.7.1 GENERADORES DE VAPOR CILÍNDRICOS PIROTUBULARES.

Los generadores antiguos requerían grandes refuerzos, así que se construyeron los generadores pirotubulares, de manera que el flujo de gases de la combustión pasan por un gran número de tubos de diámetro pequeño que atraviesan el agua que contiene el

generador, el diseño de este tipo de caldera esta basada en las necesidades de transferencia térmica de modo que se puede extraer del los gases que atraviesan los tubos la mayor parte del calor, pero una desventaja es su difícil limpieza interior, la circulación del agua no es eficiente, y además requiere frecuente mantenimiento y reparaciones.

Las presiones relativas del vapor alcanzan los 1.2 MPa Aquellas que se componen con tubos de retorno son de apropiadas para las grandes centrales térmicas debido a que producen pequeñas cantidades de vapor, presiones limitadas y una velocidad de producción baja. [31]

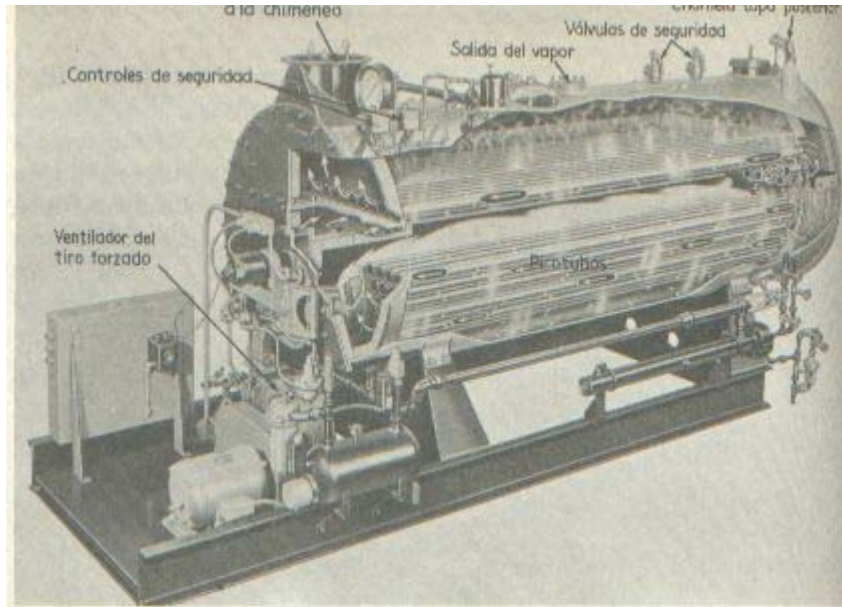


Fig 2.5 Generador de Vapor Pirotubular de Cuatro Pasos.

2.7.2 GENERADORES DE VAPOR CILÍNDRICOS ACUATUBULARES.

Los generadores de vapor cilíndricos con hogar exterior tienen una pequeña superficie de calefacción con respecto al volumen de agua que contiene, y su circulación no es satisfactoria, pero al querer mejorar la eficiencia de estas calderas, se colocó el hogar en el interior del cuerpo cilíndrico de la caldera. Así que todo el calor que atraviesa las paredes del hogar, sin duda debe pasar por el agua, así la formación del vapor se distribuye de una manera mucho más uniforme dentro de la masa de agua.

Son empleadas casi exclusivamente para obtener elevadas presiones y rendimientos, debido a que se desarrollan grandes esfuerzos de tracción dando como resultado altas presiones en los tubos. [31]

Algunos de los objetivos en la construcción de este tipo de generadores es el costo reducido, forma simple de los tubos, accesibilidad, buena transferencia de calor, buena circulación, y elevada producción de vapor.

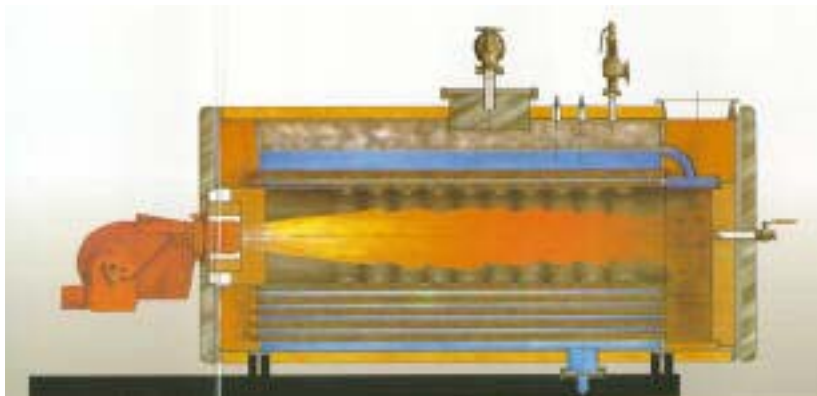


Fig 2.6 Generador de Vapor Acuatubular.

2.7.3 GENERADORES DE VAPOR DE TUBOS RECTOS INCLINADOS.

Es una variante de los generadores acuatubulares, el cuerpo cilíndrico va colocado a lo largo o formando un ángulo recto con los tubos. El agua de alimentación entra en la parte baja del cilindro, descendiendo por el interior de los colectores posteriores y finalmente sube por los tubos inclinados donde se genera el vapor. La mezcla de vapor y agua asciende rápidamente por los colectores frontales, en consecuencia una circulación hacia el cuerpo cilíndrico en donde se hace la separación del vapor y agua.

La presión de trabajo de estos generadores llega hasta 3.5 MPa Estas instalaciones suelen emplear recalentadores y adaptarse a la producción de energía. [31]

2.7.4 GENERADORES DE VAPOR PROPIOS PARA CENTRALES TÉRMICAS.

Son capaces de producir 4.3 MPa, 54,000 kg/hr a una temperatura de 400°C. Este tipo de generador se compone de dos cilindros enlazados por tubos curvados y equipada con ventiladores por tiro inducido y forzado; así como recalentadores de baja y alta temperatura del tipo de convección.

El cilindro superior lleva lavadores y desecadores de vapor, por donde pasa el vapor saturado, este se localiza antes de recalentador de baja temperatura. El vapor pasa del recalentador de baja a alta temperatura se inyecta agua condensada a la presión de la bomba de alimentación para controlar la temperatura final de recalentamiento.

El recalentador de alta temperatura se halla sometido a cierto calentamiento por radiación, de esta forma ayuda a conseguir la temperatura de recalentamiento más uniforme.

2.7.5 GENERADORES DE VAPOR CON CIRCULACIÓN FORZADA.

La circulación forzada es reemplazada por la circulación por gravedad, el diámetro de los tubos puede reducirse, el circuito alargarse. Los tubos se disponen a modos de serpentín continuo, de esta manera, aumenta la transmisión de calor, el espacio requerido se reduce y los colectores se eliminan.

La presión relativa es de 14 MPa, requieren de aparatos de control sensibles y exactos que regulan la marcha de la combustión y la circulación del agua.

2.7.6 GENERADORES QUE TRABAJAN CON CALOR PERDIDO.

En muchas industrias, el escape de gases contienen suficiente calor que puede ser utilizado para abastecer de vapor a dichas empresas. La energía en estos gases puede ser absorbida por intercambiadores de calor. Los generadores que recuperan calor se construyen a base de la transmisión de calor por convección o radiación, esto se debe a que no se encuentran en contacto con las llamas.

En estas instalaciones se recupera aproximadamente el 60% de la energía de los gases medida entre la temperatura de entrada y la del vapor saturado.