

DAÑOS ASOCIADOS A LAS TUBERÍAS DE LA ZONA DEL HOGAR DE LAS CALDERAS DE VAPOR ACUOTUBULARES UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA AZUCARERA

Eusebio V. Ibarra Hernández,

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

DrC. Alejandro B. Duffus Scott y Reinier Rendueles González,

Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Recibido:

Aceptado:

El conocimiento de los daños y defectos que puedan poner en peligro el funcionamiento seguro de una caldera de vapor así como la localización de estos o las zonas donde están más propensos a desarrollarse es, sin dudas, de gran utilidad para el personal tanto de mantenimiento como de explotación de las calderas y a su vez garantía de seguridad tecnológica y medioambiental. En el presente trabajo se relacionan los principales mecanismos de daño, tanto básicos como combinados, a los que están expuestas las tuberías de la zona del hogar de estos tipos de calderas con los componentes críticos y sus correspondientes zonas críticas. Se realiza una caracterización gráfica de las zonas críticas de las calderas de vapor acuotubulares, conformándose las bases geométricas de estos equipos. El trabajo termina vinculando los mecanismos de daño (básicos y combinados) así como los daños asociados a ellos con las bases geométricas de los componentes críticos y sus respectivas zonas críticas de las calderas de vapor acuotubulares.

Palabras clave: Daños, defectos en tuberías, inspección en calderas.

DAMAGES ASSOCIATED TO THE PIPES OF THE HOME ZONE OF THE STEAM BOILERS WATERTUBE USED IN THE SUGAR CANE INDUSTRY

The knowledge of the damages and defects that can put in danger the safe operation of a steam boiler as well as the location of these or the zones where they are more prone to be developed is without doubts very useful for the personnel as much of maintenance as of operation of the boilers and as well guarantee of technological and environmental security. In the work are related the main mechanisms of damage, as much basic as combined, to which the pipes of the zone of the home of these types of boilers are exposed, with the components critics and their corresponding zones critics. A graphic characterization of the zones critics is realised of the steam boilers watertube, being satisfied the geometric bases of theses equipments. The work ends up tying the mechanisms of damage (basic and combined) as well as the damages associated to them with the geometric bases of the components critics and their respective zones critics of the steam boilers watertube.

Key words: *Boilers inspection, pipe lines defects, damage.*

INTRODUCCIÓN

El vapor encuentra amplio uso en la industria azucarera, tanto en los procesos de manufactura del azúcar como en la generación de energía eléctrica, de aquí la necesidad de mantener en muy buen estado técnico las calderas de vapor. Las tuberías de la zona del hogar de las calderas son uno de los componentes de mayor importancia por el peso que llevan en el proceso de conversión del agua en vapor.

En dependencia de las exigencias de los procesos productivos, se han desarrollado diferentes tipos de calderas de vapor, las cuales de acuerdo con *The Babcock and Wilcox Company*³ se clasifican en:

1. Acuotubulares y pirotubulares: En función del contenido de los tubos.

2. Verticales, horizontales e inclinadas: Según la posición de los tubos en su interior.
3. De tubos rectos y de tubos curvos: De acuerdo a la forma de los tubos.
4. Fijas, portátiles, locomóviles y marinas: Por la naturaleza del servicio que desempeñan.

En las calderas acuotubulares, objeto de estudio de nuestro trabajo (figura 1), por el interior de los tubos circula agua o vapor mientras que los gases calientes de la combustión se encuentran en contacto con la superficie externa de aquellos.² Estas calderas son empleadas por lo general cuando se requieren presiones superiores a 1 MPa y capacidades de más de 6 804 kg/h de vapor, inclusive suelen alcanzar presiones de trabajo de hasta 34 MPa en las centrales termoeléctricas. Una caldera acuotubular está constituida fundamentalmente por el domo, los tubos, los cabezales y el supercalentador.

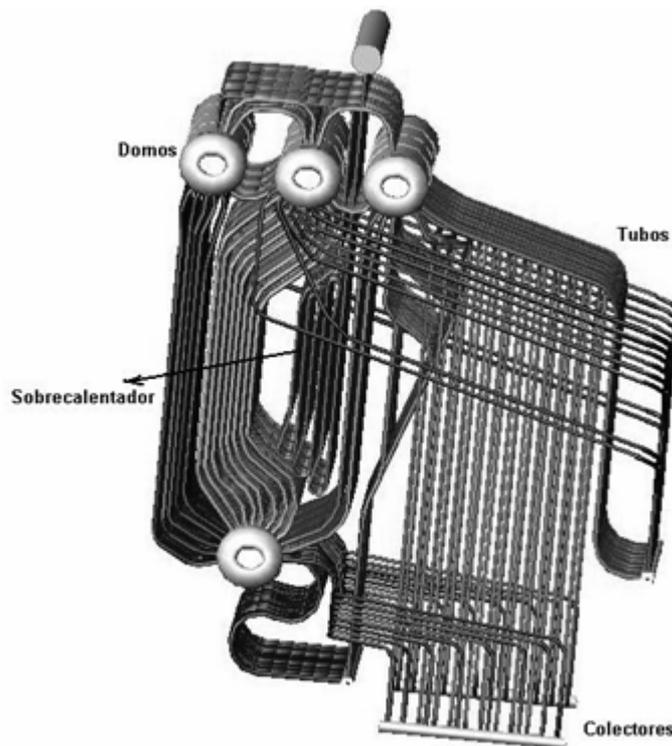


Figura 1. Caldera acuotubular

Componentes críticos y zonas críticas de las calderas acuotubulares

Las calderas de vapor tipo acuotubulares están conformadas por una gran cantidad de partes, piezas y componentes. Teniendo en cuenta los reportes sobre incidentes, dentro de estos componentes existen varios que por la manera en que:

- comprometan el proceso productivo por permanecer la caldera parada por largo período;
- coloquen en riesgo la vida del personal o provoquen un efecto social perjudicial;
- generen tiempos y costos elevados de mantenimiento;
- pueden ser considerados como los de mayor responsabilidad y reciben el nombre de *componentes críticos*.

Por lo anteriormente expuesto se establece que los componentes críticos de las calderas de vapor tipo acuotubulares son:

- el domo.
- los colectores o cabezales.
- los tubos.
- el supercalentador.

Teniendo en consideración lo reportado sobre la vida de los componentes de las calderas de vapor, lo aportado sobre las fallas en tuberías, el estudio referente a la relación de la estructura con las fallas de los tubos y el análisis con respecto a la valoración de vida de los tubos de las calderas, dentro de los componentes críticos existen zonas susceptibles en las que se presentan con mayor frecuencia e incidencia los defectos, las cuales son consideradas como *zonas críticas*. Estas zonas críticas son:

- Las uniones soldadas.
- El cuerpo del componente.
- Los dobleces.
- Los cambios de dirección (codos y tees).
- Los orificios para el ensamble de accesorios de

los componentes, además de debilitar mecánicamente el componente por disminuir el área portadora, son elementos concentradores de tensiones.

- Los cambios de sección.
- Las regiones de alta temperatura.
- Los ligamentos.

Clasificación de los mecanismos de daño

Tanzer 1 plantea mediante un sistema gráfico circular (figura 2) la clasificación general de los mecanismos de daño, en las categorías siguientes: esfuerzo, temperatura, corrosión y desgaste. En este sistema gráfico en donde se incluyen 37 mecanismos de daño que son clasificados e interaccionados a partir de los medios que los provocan, los cuales pueden ser básicos y combinados. Como ejemplo de los básicos se tiene a la oxidación y a la fusión. Como ejemplo de combinados tenemos, la fatiga por corrosión que interactúa con el esfuerzo y corrosión, la termofluencia (creep) y la grafitización que interactúan con la temperatura y el esfuerzo.

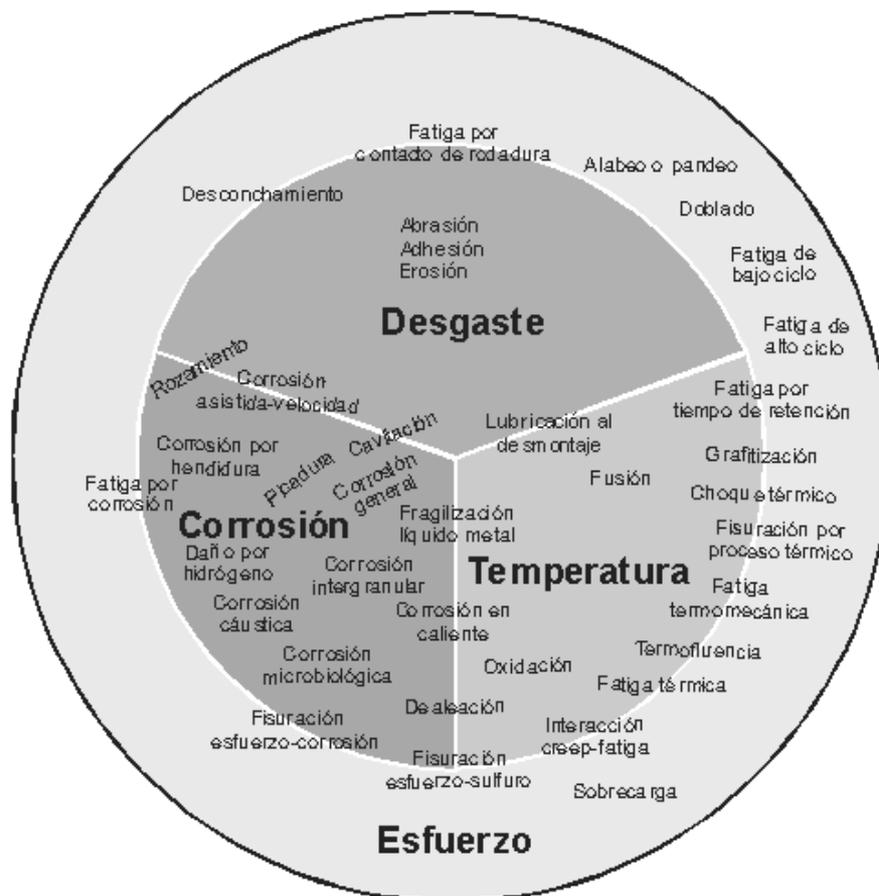


Figura 2. Clasificación general de los mecanismos de daño (no combinados y combinados)

DESARROLLO

Bases gráficas de las calderas de vapor Acuotubulares y una breve caracterización de las mismas

Teniendo en consideración que cada lugar específico de la caldera posee sus propias características distintivas, sus propios parámetros de trabajo, sus especificidades en cuanto al flujo, la transferencia, la cantidad y forma en que recibe el calor y que estas “características distintivas” de cada zona conllevan a la aparición de fallas específicas para cada una de ellas, dividimos la caldera de vapor acuotubular en diferentes bases gráficas, estas responden a los parámetros de trabajo principales y característicos en cada una de ellas. A continuación relacionamos estas zonas:

- Zona de las tuberías externas (alimentación de los colectores).
- Zona del hogar de la caldera

- Zona del supercalentador.
- Zona de las tuberías de interconexión entre el domo inferior y los superiores
- Zona de las interconexiones entre los domos.
- Zona de los domos
- Zona de los colectores.

Dentro de estas zonas, la *zona del hogar de la caldera*, por las características a continuación relacionadas es una de las más críticas.

Zona del hogar de la caldera (Ver figura 3)

La conforman los tubos de salida de los colectores (laterales, traseros y el frontal) que interconectan a estos con los domos superior derecho e inferior. Es una de las zonas más críticas de la caldera por las elevadas temperaturas a que se encuentran sometidos sus elementos. Es la zona de mayor y más intenso intercambio térmico. La representamos con el color rojo.

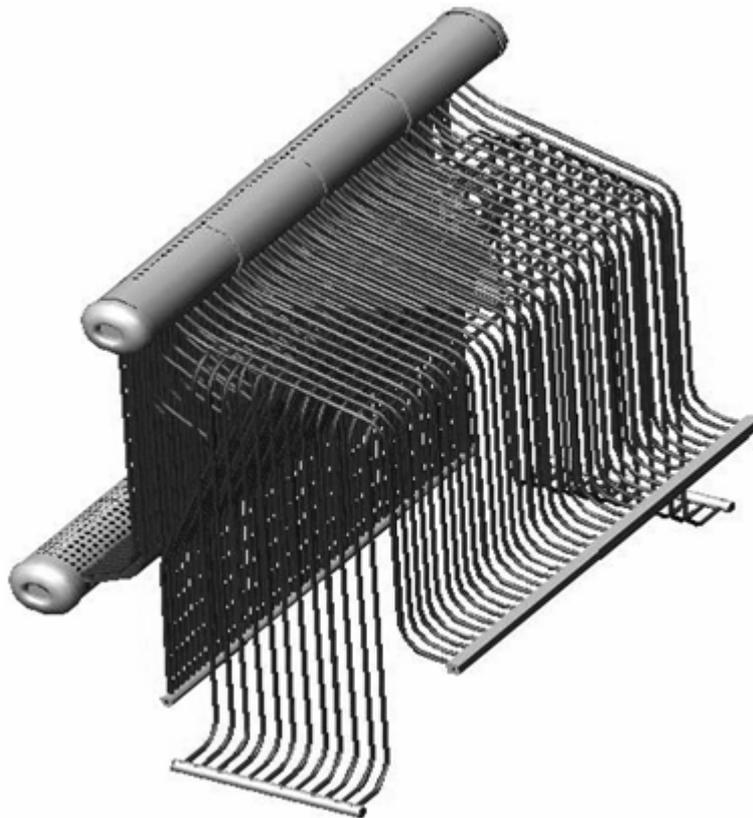
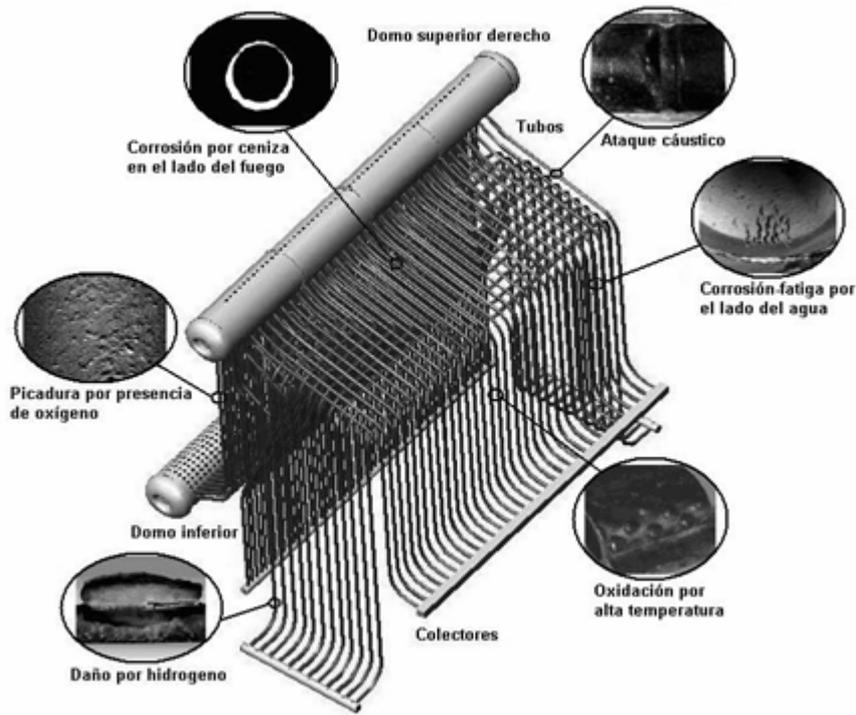


Figura 3. Zona del hogar de la caldera

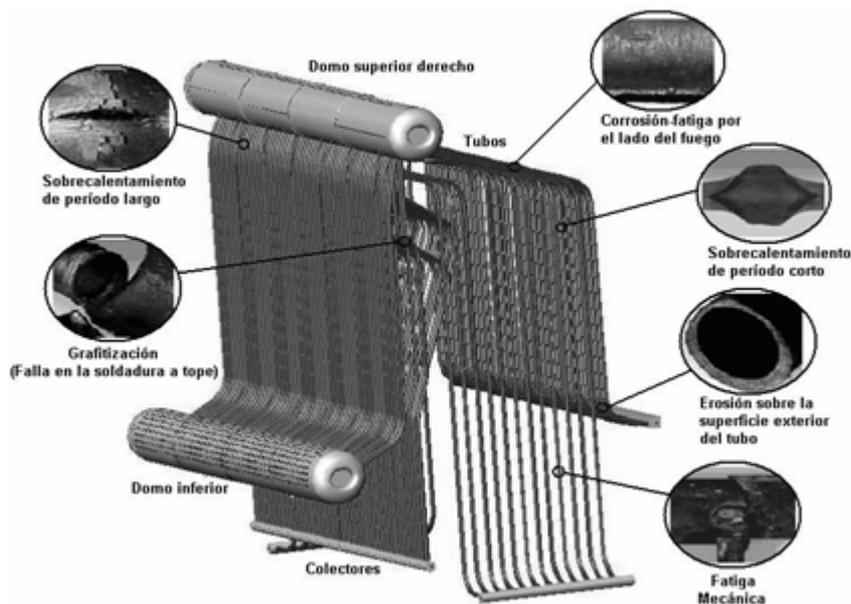
Relación daños-característica gráfica de las calderas de vapor acuotubular

Como planteamos con anterioridad cada lugar específico de la caldera posee sus propias características distintivas, sus propios parámetros de trabajo, sus especificidades en cuanto al flujo, la transferencia, la cantidad y forma en que recibe el calor

y que estas “características distintivas” de cada zona conllevan a la aparición de fallas específicas para cada una de ellas, dividimos la caldera de vapor acuotubular, como planteamos con anterioridad, en diferentes bases gráficas y dentro de estas haremos hincapié en la zona del hogar de la caldera y relacionaremos esta zona con los daños característicos asociados a la misma (figura 4, a, b y c).



(a)



(b)

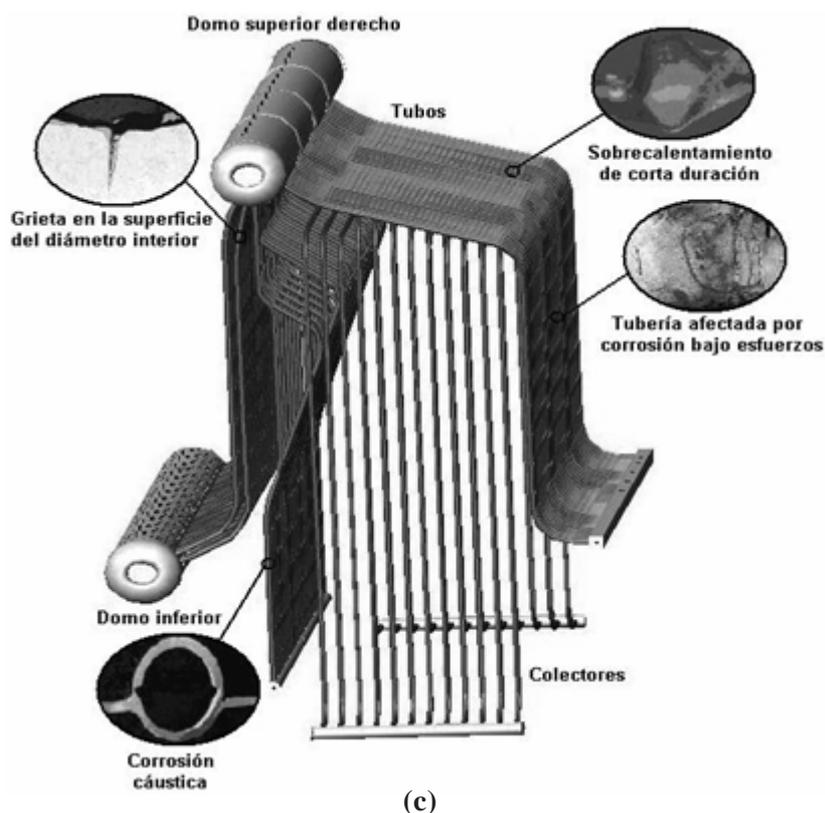


Figura 4. Zona del hogar de la caldera y sus daños característicos a, b y c

CONCLUSIONES

1. Los principales daños asociados a las tuberías de la zona del hogar de la calderas de vapor acuotubulares son:
 - Ataque cáustico.
 - Corrosión-fatiga por el lado del agua.
 - Oxidación por alta temperatura.
 - Daño por hidrógeno.
 - Corrosión bajo esfuerzos.
 - Corrosión por cenizas en el lado del fuego.
 - Sobrecalentamiento de periodo largo.
 - Sobrecalentamiento de periodo corto.
2. Utilizando el Autodesk Mechanical Desktop, modelador paramétrico de sólidos, ensamblajes y superficies para el diseño mecánico de partes complejas, completamente integrado dentro del AutoCAD, se muestran las diferentes zonas críticas, con sus correspondientes daños asociados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aaron Tanzer. *Determination and Classification of Damage*, Siemens Westinghouse, Metals Handbook, Volume 11, ASM, 2002.
2. Anibal B. Nordelo, Angel R. Gonzales, "Combustión y Generación de Vapor", 2007.
3. The Babcock and Wilcox Company: *Steam its generation and use*, 41st edition, 2005.