



PROGRAMA EDUCATIVO DE MECÁNICA ÁREA INDUSTRIAL

MANUAL DE PRÁCTICAS:

SISTEMAS DE COMBUSTION Y CALDERAS

(Basado en Competencias Profesionales)

CUERPO COLEGIADO DE DIRECTORES Y PROFESORES

DICIEMBRE 2017

INDICE

UNIDADES TEMATICAS:

1. CONCEPTOS GENERALES DE COMBUSTIBLES Y COMBUSTION
2. QUEMADORES Y SISTEMAS DE MANEJO DE COMBUSTIBLE Y CONTROL DE COMBUSTION
3. GENERADOR DE VAPOR
4. AJUSTE Y CARBURACION DE UN SISTEMA DE CARBURACION

Programa educativo

Unidad	1	Asignatura:	Sistemas de Combustión y Calderas
Práctica N°:	1	Nombre de la práctica:	Conceptos Generales de combustibles y combustión
Nombre Integrante(s):			
Introducción:	<p>Cualquier material que puede quemarse para liberar energía recibe el nombre de combustible. La mayoría de los combustibles conocidos se componen principalmente de hidrógeno y carbono. Reciben el nombre de combustibles hidrocarburos y se denotan por la fórmula general C_nH_m. Los combustibles hidrocarburos existen en todas las fases, y algunos son el carbón, la gasolina y el gas natural.</p> <p>El principal constituyente del carbón mineral es el carbono; también contiene cantidades variables de oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, azufre, humedad y ceniza. Es difícil realizar un análisis de la masa exacta del carbón mineral, puesto que su composición varía de un área geográfica a otra e incluso dentro de la misma región. La mayor parte de los combustibles hidrocarburos líquidos son una mezcla de numerosos hidrocarburos y se obtienen del petróleo crudo mediante destilación. Los hidrocarburos más volátiles se vaporizan primero, formando lo que se conoce como gasolina. Los combustibles menos volátiles que se obtienen durante la destilación son el queroseno, el diesel y el combustóleo. La composición de un combustible particular depende de la fuente de petróleo crudo, así como de la refinería.</p>		
Objetivo:	El alumno identificará las propiedades, características de los combustibles y la combustión, para utilizarlos en los procesos relacionados.		

Marco Teórico:**1. COMBUSTIBLES Y SU COMPOSICIÓN (COMBUSTIÓN Y AIRE DE COMBUSTIÓN)**

OBJETIVO: Seleccionar el combustible más adecuado, tomando en cuenta su propiedades y costos.

1.1 COMBUSTIÓN.

Dado que el sistema de combustión de un generador de vapor es el punto más importante de este es preciso entender este fenómeno físico químico.

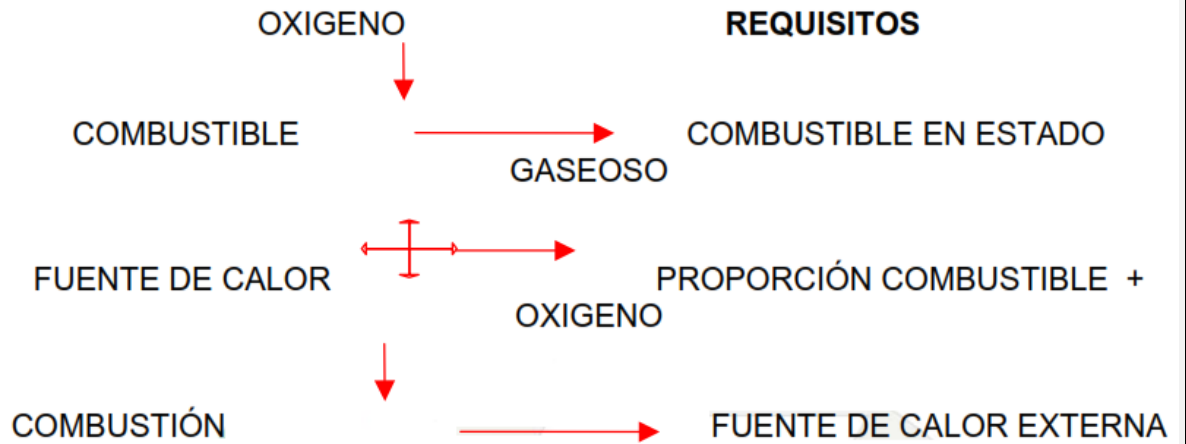
En su concepción más sencilla una combustión es una reacción de óxido reducción entre un combustible y el oxígeno. (No siempre es necesario que exista una chispa que inicie la combustión), puede utilizarse la presión en algunos casos, motor diesel.

Si nos detenemos a observar el fenómeno de la combustión encontramos que solamente es posible si se han cumplido determinados requisitos, por ejemplo: cualquier combustible en estado sólido o líquido que contenga sustancias que se puedan quemar como (hidrogeno, carbono y azufre o combinaciones de estos) solo empiezan a quemarse hasta que estas sustancias son llevadas al estado gaseoso mediante una fuente de calor, iniciándose a sí un proceso químico con desprendimiento de calor.

1.1.1 LIMITE DE INFLAMABILIDAD.

Tenemos entonces los siguientes hechos importantes:

- 1) Para que pueda llevarse a cabo la combustión es necesario una fuente de calor externa que provoque el estado gaseoso.
- 2) Es necesario una proporción adecuada entre combustible y oxígeno para llevar a cabo la combustión.
- 3) Debe disponerse una fuente de calor externa en intensidad y cantidad adecuada para poder iniciar el proceso de combustión.



Pongamos el ejemplo de una estufa doméstica, si los pilotos se llegan a pagar dejando escapar el gas (combustible) y en el otro lado de la habitación tengo una veladora encendida (fuente de calor externa) únicamente se tendrá el riesgo de una combustión súbita (explosión) si existe una mezcla adecuada dentro de los límites llamados de inflamabilidad entre el oxígeno contenido en la atmósfera y el gas que se está escapando. Esto mismo sucede dentro de un generador de vapor el hogar de la caldera por ser más pequeño y encontrarse a mayor temperatura provoca que suceda con mayor rapidez.

TEMPERATURA DE INFLAMABILIDAD: Cuando se satura el gas y esta genera una explosión.

TEMPERATURA DE INCENDIO: Temperatura a la que se quema.

Los límites de inflamabilidad para un combustible son aquellos que se cumplen las tres condiciones anteriores y es importante cuando se almacenan y manejan combustible sólido, líquido y gaseoso.

El límite de incendio de un combustible no debe confundirse con su límite de inflamación pues son diferentes. Se refiere a las temperaturas óptimas para que se inflame un combustible sin que continúe el proceso de combustión la que se requiere para que continúe dicho proceso. La primera (temperatura de inflamabilidad) que es muy útil conocerla para un diseño de almacenamiento, la segunda (temperatura de incendio) es indispensable cuando se necesita quemar combustible dentro de un horno.

Características	Diésel	Diésel Ligero	Combustóleo Diésel Pesado
Peso Específico kg/m ³	886.27	972.73	1042.39
Punto de inflamación °F	141	150.8	154.4
Poder Calorífico kcal/kg	11100	10820	10850

RENDIMIENTOS GENERALMENTE OBTENIDOS EN LAS CALDERAS Y GENERADORES DE VAPOR.

Generador de vapor de tubos de agua curvos, con paredes de agua, economizador y precalentador de aire; petróleo crudo.....79 a 82 %

El mismo anterior sin economizador precalentador de aire, petróleo crudo.....72 a 76 %

Generador de vapor de tubos de agua rectos, tipo horizontal, sin economizador ni precalentador de aire, petróleo crudo.....70 a 75 %

Generador de vapor de tubos de humo, cuatro pasos, hogar interior, alimentado con petróleo crudo o aceite ligero.....79 a 82 %

Generador de vapor de tubos de humo, tres pasos, hogar interior, alimento de petróleo crudo o aceite ligero.....70 a 75 %

Generador de vapor de tubos de humo de retorno, hogar debajo de la caldera, alimentado con petróleo crudo o aceite ligero.....50 a 60 %

Calderas verticales alimentadas con petróleo crudo o aceite ligero, operación manual..... 28 a 40 %

NOTA: Los rendimientos que aparecen en esta tabla han sido determinados a través de la experiencia. Varían con el modo de operar y con las condiciones de estado de la caldera y equipo auxiliar.

1.1.2. CONSUMO DE COMBUSTIBLE (PROMEDIO) EN CALDERAS PARA DIVERSOS RENDIMIENTOS TERMICOS. CUANDO SE UTILIZAN COMBUSTIBLES MEXICANOS LIQUIDOS CON PODER CALORIFICO SUPERIOR DE 10,000 CAL / Kg

CAPACIDAD EN CABALLOS CALDERA	CONSUMO DE COMBUSTIBLE. LT / HR. A PLENA CARGA.				
	40 %	50%	60 %	70 %	80 %
15	31.5	25.5	20.6	17.6	15.5
20	42.0	34.0	27.5	23.5	20.6
30	63.0	51.0	41.5	35.3	31.0
40	84.0	68.0	55.0	47.0	41.4
50	105.0	85.0	69.0	58.8	51.6
60	126.0	102.0	82.5	70.5	62.0
70	147.0	118.0	96.0	82.2	72.0
80	168.0	135.0	110.0	94.0	82.5
100	210.0	169.0	138.0	107.5	103.0
125	262.0	212.0	173.0	146.5	129.0
150	315.0	254.0	208.0	176.0	155.0
200	420.0	340.0	275.0	235.0	206.0
250	525.0	423.0	345.0	294.0	258.0
300	630.0	508.0	415.0	353.0	310.0
350	735.0	590.0	485.0	410.0	362.0
400	840.0	680.0	550.0	470.0	414.0
500	1050.0	850.0	690.0	590.0	518.0
600	1260.0	1020.0	830.0	705.0	620.0

C.C. Caballo caldera equivale a la evaporación de **15.65 kg.** De agua por hora (**34.5 lbs/hra**) partiendo de **100°C (212°F)** de agua líquida a vapor a **100°C(212°F)** **Q= 15.65 kg/hra (Qg-Qf)**

$$Q = 15.65 (640-100)=8450\text{Kcal/hra} (33500\text{Btu/hra})$$

Por lo que se dice que un generador de vapor trabaja al 100% de su capacidad (100% de carga), cuando produce por cada caballo caldera (C.C) 15.65kg/hra de vapor seco a una atmósfera de presión con agua de alimentación a 100°C por cada 1 M² de superficie de calefacción.

Ejemplo 1.1. Una caldera de tubos de humo de retorno (dos pasos de los gases) de diseño antiguo, o una caldera de tubos de agua rectos, con capacidad de 100 caballos y 50% de rendimiento térmico promedio, trabajando a plena carga, consumirá en un mes, trabajando en 26 días, 16 horas diarias, 70,500 litros de petróleo pesado con un costo aproximado de \$ 11,200.00. Una caldera de diseño moderna, con 80 % de rendimiento térmico, consumirá bajo las mismas condiciones anteriores 43,000 litros con un costo aproximado de \$ 6.900.00 MN.

Ejemplo 1.2. Se tiene un generador de vapor de tipo acuatubular equipado con economizador y precalentador de aire, el G.V. tiene una capacidad de 150 CC., determine: El consumo de combustible

por hora. Calor transmitido al fluido. El peso específico del diésel es de 0.833 gr/ cm³ y su poder calorífico es igual a 11100 cal/lit.(19984 BTU/Lb).

Datos	Formulas	Desarrollo
Cn = 150 C.C. Ch = 155 kg/h Pc = 19984 BTU/lb Ch = 341 lb/h Pe = 0.833 gr/cm ³ De tablas: 150 C.C. 70% (rendimiento)	$\eta = \frac{Q}{Ch * Pc}$ $Q = \eta * Ch * Pc$	Ch = 176 lt/h (0.833 kg/lt) = Ch = 155 kh/h (2.2 lb/ 1 kg)= 341 lb/h Q = (0.70)(341 lb/h)(19984 BTU/lb) = Q= 47701808 BTU/h

Para el ejemplo anterior y suponiendo que la caldera trabaja en un mes 26 días y 17 horas diarias cuanto consume de combustible y a cuanto haciende su costo si el diésel cuesta \$4.00 por litro.

442 h	Ch = (8176 lt/h)(442 h)
\$4.00	Ch = 77792 lt/h

(77792 lt/h)(\$4.00) = \$ **31116**

PRÁCTICA 1

CUATRIMESTRE: QUINTO

UNIDAD: 1

TEMA: SELECCIÓN DE COMBUSTIBLE

I.- OBJETIVO:

II.- ANTECEDENTES TEORICOS

III- MATERIAL UTILIZADO

5 telas de alambre

5 tripies

1 mechero de Bunsen

Combustible sólido (leña, hojas, carbón vegetal, coque, papel)

Combustible líquido (diésel, gasolina, diáfano)

Combustible gaseoso (gas LP)

IV- HERRAMIENTAS, EQUIPO Y EQUIPO DE SEGURIDAD EMPLEADO

V- DESARROLLO

Paso 1. - Pesar ¼ de Kg. De cada combustible sólido

Paso 2. - Colocar una tela de alambre en cada tripie, los cuales deben estar separados unos de otros 40 cm.

Paso 3. - Colocar cada porción de combustible sólido en cada tela de alambre.

Paso 4. - Encendida cada porción de combustible

Paso 5. - Determinar el tiempo en que se quemó cada porción de combustible.

Paso 6. - Llene una jeringa de 10 c.c. con diésel y otra de 10 c.c. con diáfano.

Paso 7. - Comprima cada jeringa para lograr atomizar cada combustible líquido, enciéndalo y determine el tiempo que tardo la combustión de cada combustible.

Paso 8. - Conecte el mechero BUMSEM al sistema de gas, enciéndalo y juegue con el tamaño de la llama, manipulando la válvula de suministro de gas.

VI- REGISTRO DE DATOS, PARAMETROS, CUESTIONARIOS Y OBSERVACIONES.

PREGUNTAS:

¿Cuáles son las condiciones de combustión de cada porción de combustible?

¿Qué condiciones exige la quema de cada combustible?

¿Qué combustible responde más a la exigencia de producir mayor cantidad de calor en un lapso de tiempo determinado?

¿Qué manejo de combustible es más limpio?

Calcular aproximadamente la cantidad de calor desprendido.

VII. CONCLUSIONES (El alumno hace las conclusiones de la práctica y establece la bibliografía utilizada)

I.1.3.1 Técnica Didáctica: Exposición del profesor.

I.1.3.2 Material de Apoyo: Diapositivas

Actividad de aprendizaje No. 1:

T-1 Cuestionario de generalidades

I.1.4. 1Instrucciones: Contestar correctamente las preguntas del cuestionario

a) Valor actividad: 5 Puntos

b) Producto esperado: Documento que contenga Cuestionario y sus respuestas correctas

c) Fecha inicio:

d) Fecha entrega:

e) Forma de entrega: Por separado, escrito a mano

f) Tipo de actividad: Individual

g) Fecha de retroalimentación:

I.1.4.2 Criterio de evaluación de la actividad T-1

Actividad	Actividad	Ponderación
Cuestionario	Responder un cuestionario	4.5 Puntos
Uso de regla de presentación	Utilizar el formato para la elaboración de trabajos	0.5 puntos

	Total	5 puntos
--	-------	----------

I.1.4 Actividad de aprendizaje No. 2

T-2 INVESTIGAR: **como seleccionar el combustible más adecuado, tomando en cuenta sus propiedades y costos.**

I.1.4.1 Instrucciones: Investigar **seleccionar el combustible más adecuado, tomando en cuenta su propiedades y costos.**

los documento en su libreta, para su discusión en clases.

h) Valor: 10 Puntos

Producto esperado: Documento en la libreta que contenga **seleccionar el combustible más adecuado, tomando en cuenta sus propiedades y costos.**

i) Fecha inicio:

j) Fecha entrega:

k) Forma de entrega: escrito en la libreta

l) Tipo de actividad: Individual

m) Fecha de retroalimentación:

I.1.4.2 Criterio de evaluación de la actividad T-2

Actividad	Actividad	Ponderación
Investigación	Revisar Combustión y Combustibles. La combustión del Oxigeno con el Carbono, Hidrogeno y Azufre	7 Puntos
Comprensión de los principios	Después de leer detenidamente los principios Combustión y Combustibles	2.5 puntos
Uso de la regla de presentación	Utilizar el formato para la elaboración de trabajos	0.5 puntos
	Total	10 puntos

I.1.5 Resultado del Aprendizaje:

APLICAR: Los conceptos y condiciones de combustión de cada porción de combustible, que condiciones exigen la quema de cada combustible. Combustible que responde más a la exigencia de producir mayor cantidad de calor en un lapso de tiempo determinado

¿Qué manejo de combustible es más limpio?

Calcular aproximadamente la cantidad de calor desprendido.

I.1.6 Bibliografía:

W.H.Severnsh .Er.Degler J.C.Miles 2003, Energía Mediante Vapor Aire o Gas, Barcelona, España, Editorial Reverte.

Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, Ediciones 5, 6 y 7, Termodinámica.

Catalogos de productos, Spirax Sarco Mexicana, S.A. de .C.V. Edición 1999.

Manual de calderas del ISSSTE. Hecho en 1998. Huejutla de Reyes Hidalgo.

1.2 PRODUCTOS DE COMBUSTIÓN MEDICIÓN DE GASES PRODUCTO DE LA COMBUSTIÓN

1.2.1 ANALISIS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN

TIPOS DE COMBUSTIBLES

Cualquier material que puede quemarse para liberar energía recibe el nombre de combustible. La mayoría de los combustibles conocidos se componen principalmente de hidrógeno y carbono. Reciben el nombre de combustibles hidrocarburos y se denotan por la fórmula general C_nH_m . Los combustibles hidrocarburos existen en todas las fases, y algunos son el carbón, la gasolina y el gas natural.

Combustible es toda sustancia combinada con el oxígeno del aire, produce luz, calor, y desprendimiento de gases.

Existen tres tipos de combustibles:

1. Sólidos
2. Líquidos
3. Gaseosos

Combustibles sólidos

Tales como: el carbón mineral, que se encuentra diseminado en depósitos fósiles, en dos clases generales: carbón antracita y carbón bituminoso.

El Coke es una sustancia sólida que resulta después de quemar el carbón mineral en hornos especiales. Existen otros combustibles sólidos que son: la madera, las cortezas, la paja, la brea, el aserrín, el bagazo de caña, etc.

Combustibles líquidos.

El petróleo crudo, es un líquido, mezcla de una gran cantidad de hidrocarburos, sólidos, y gaseosos, disuelto en otros hidrocarburos líquidos, aparte de otros compuestos de azufre(S), oxígeno (O₂) y nitrógeno(N), los cuales se obtienen del petróleo crudo mediante una destilación (Figura 1), que suelen variar entre los siguientes límites:

CARBONO (C) VARIA ENTRE 83% Y 87%

HIDROGENO (H) VARIA ENTRE 10% Y 14%

OXIGENO(O) EN GENERAL INFERIOR A 3%

NITROGENO(N) EN GENERAL INFERIOR AL 1%

AZUFRE(S) EN GENERAL INFERIOR A 2%

Ejemplo: petróleo crudo, petróleo diáfano, diésel.

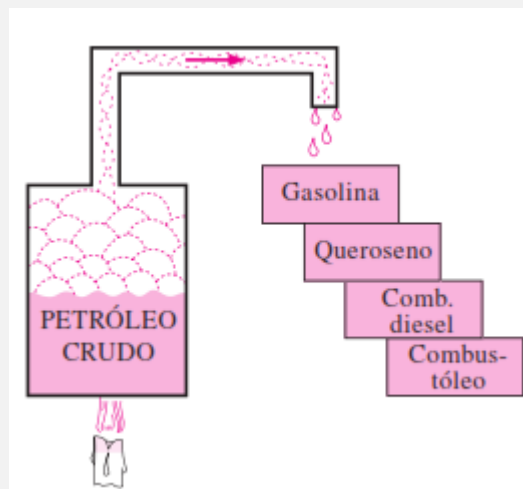


Figura 1.1. Destilación del Petróleo crudo

Combustibles gaseosos:

Gas Natural, gas de hornos de Coke, Gas de Altos Hornos, Gas pobre, principalmente.

Poder calorífico de algunos combustibles	(kcal/Kg.)
Aserrín seco	5000 2890
Bagazo de caña 30% de humedad	7100
Carbón de madera Carbones minerales :	
Antracita	6450-6850
Bituminoso grado alto	6570-6910
“ Medio	6110-6700
“ Bajo	5500-6430
Paja---	3340
-Petróleo Crudo alta calidad	10850
“ Tampico	10000-10820
“ Diáfano	11100

Periódicamente se debe verificar el análisis de flujo de los gases, los rangos de lectura son:

Rango	Gas Natural	Diesel mex.	Combustible pesado
Excelente	10% CO ₂	12% CO ₂	13.85% CO ₂
Bueno	9%	11.8%	13%
Regular	8.5%	10%	12.5%
Pobre	8%	9%	12%

1.2.2 COMBUSTIÓN Y COMBUSTIBLES.

1.2.2.1. COMBUSTIÓN.

Una reacción química durante la cual se oxida un combustible y se libera una gran cantidad de energía recibe el nombre de combustión, O a la combinación violenta, con desprendimiento de luz y calor, del Oxígeno del aire con el Carbono, Hidrógeno, Azufre y Nitrógeno.

La combustión del Oxígeno con el Carbono, Hidrógeno, Azufre, se efectúa en proporciones de peso bien determinadas, así pues por cada átomo de Carbono se necesitan 2 átomos de Oxígeno para llegar a la combustión perfecta formando CO₂ (dioxido de Carbono), el Carbono que se quema con

deficiencia de aire forma el gas CO (monóxido de Carbono), que representa solo el 30% de una combustión perfecta, por lo tanto la combustión al formarse CO es incompleta.

El Hidrógeno se combina siempre en proporción de 2 átomos de Hidrógeno con uno de Oxígeno formando vapor de agua H₂O, y el azufre es de proporción 1:2 es decir un átomo de Azufre por 2 de Oxígeno, este gas es perjudicial porque al enfriarse los productos de la combustión, el agua que se forma en la combustión y la que está presente en la humedad del combustible se condensan y reaccionan con el gas anhídrido H₂ formando ácido sulfúrico SO₄H, sumamente corrosivo y ataca los conductos metálicos de escape.

1.2.2.2 PROCESO DE LA COMBUSTIÓN

La mayoría de los procesos de combustión se realizan con aire (Oxígeno + Nitrógeno + Argón) y no con Oxígeno puro. Este proceso se traduce a la oxidación de los componentes de un combustible, en cuya ecuación química representativa la masa permanece inalterable. Para los cálculos se desprecia el Argón y se toma 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno, por consiguiente, cada mol de oxígeno que entra a una cámara de combustión será acompañado por $0.79/0.21=3.76$ mol de nitrógeno es decir:

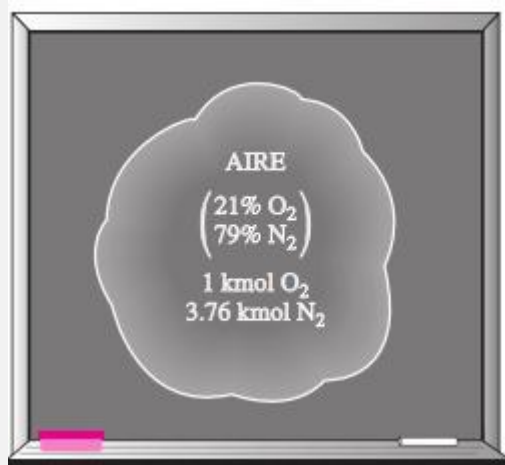


Figura 1.2. Composición del aire.

1.2.2.3 AIRE TEÓRICO

"Es la cantidad mínima de aire capaz de proporcionar el Oxígeno suficiente para la combustión completa del carbono".

Cuando se obtiene combustión completa no puede haber oxígeno en los productos de la combustión. En la práctica no es posible tener una combustión completa ni con las proporciones "ideales" químicamente correctas a menos que se administre una cantidad mayor de aire teórico un 150%. Esto se debe a que probabilísticamente no es posible que cada una de las extraordinariamente numerosas moléculas del combustible encuentre una molécula de oxígeno para combinarse con ella. Por lo tanto la oxidación total del combustible se logra utilizando en la mezcla exceso de aire.

1.2.2.4. RELACIÓN AIRE - COMBUSTIBLE.

"Es la razón teórica entre masa o moles de aire teórico y la masa o moles de combustible".

Si la cantidad de aire suministrado en una combustión es inferior al aire teórico necesario la combustión será incompleta y habrá presencia de CO.

La combustión incompleta se debe a tres causas:

- a) Insuficiencia de Oxígeno.
- b) Mezcla imperfecta entre el Oxígeno y el combustible.
- c) Temperatura demasiado baja para mantener la combustión.

1.2.2.5. PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN.

Se ha determinado que los elementos que constituyen los productos de la combustión son: Carbono, Azufre, Nitrógeno, Oxígeno, Hidrógeno, entonces queda claro que la combinación de estos elementos originan una gran variedad de compuestos originados por la combustión tales como anhídrido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de carbono, vapor de agua, cenizas, anhídrido sulfuroso e hidrocarburos no quemados, que forman los productos de la combustión.

En un proceso de combustión de flujo estable, los componentes que entran en la cámara de reacción se denominan reactivos, y los componentes que salen se llaman productos.

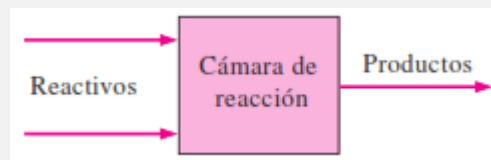


Figura 1.3. Proceso de combustión.

1.2.2.6. COMBUSTIBLES HIDROCARBURADOS.

Los combustibles fósiles están constituidos por petróleo, gas y carbono. Cuando el hidrogeno cesa de combinarse con el oxígeno y se combina con el carbono se forman estos combustibles fósiles, cuya refinación nos ofrece gran variedad de hidrocarburos.

1.2.2.7. ANÁLISIS DE LOS PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN.

Mediante el aparato de Orsat se puede efectuar el análisis de determinados productos de la combustión, a partir del cual es posible calcular la relación aire - combustible, y el grado de efectividad de la combustión, este proceso consiste en obtener una muestra de los productos de la combustión y determinar el porcentaje en volumen de cada gas componente.

1.2.3. APARATO DE ORSAT.

El Aparato de Orsat es un analizador de gases usado para determinar la composición de una muestra de gases. Durante un análisis una muestra es pasada a través de líquidos absorbentes que remueven componentes específicos. El volumen del gas es medido antes y después de la absorción. La disminución en el volumen del gas representa la cantidad del componente que estuvo presente. Los volúmenes del gas son medidos a temperatura y a presión constante.

1.2.3.1. FUNCIONAMIENTO DEL APARATO DE ORSAT.

Dicho aparato consiste en una bureta graduada de cincuenta mililitros o cien ml, con escala de cero a cien, conectada por su parte inferior por medio de un tubo de goma a un frasco nivelador, y en su parte superior a tres (3) recipientes dobles que contienen sustancias apropiadas para absorber los tres gases objeto de la medición. Cada uno de los tres recipientes consisten en dos tubos anchos unidos por un tubo pequeño en forma de U, todos con una válvula que permite el paso y la salida del gas que es objeto de análisis; la bureta está rodeada por un cilindro lleno de agua con el objeto de mantener la temperatura del gas.

Aparato de Orsat

En el primer recipiente se coloca una solución de hidróxido de sodio (33 gramos en 100 centímetros cúbicos de agua) esta absorbe el dióxido de carbono, en el segundo recipiente se coloca una mezcla de dos soluciones, (10 gramos de ácido pirogálico en 25 centímetros cúbicos de agua y potasa cáustica en la misma proporción que en el envase numero 1), esta mezcla absorbe el O₂ (oxígeno); en el tercer recipiente se coloca cloruro cuproso (250 gramos de cloruro amónico en 750 centímetros cúbicos de agua y se agregan 250 gramos de cloruro cuproso); conviene colocar en el frasco que contiene los reactivos algunos tejidos de cobre para que haya mayor absorción.

Los motores de combustión interna poseen varios cilindros en los motores equipados con carburador, solo una pequeña porción de combustible vaporizado se separan en el múltiple de admisión las gotas y se dirigen a los distintos cilindros, lo que se traduce en una variación de la relación aire- combustible, a su vez se origina en la entrada de cada uno de los cilindros una variación sustancial de la composición de los gases de escape, por esto es necesario realizar el análisis con diferentes muestras y luego promediar los resultados.

Se logra observar en el manual de la casa FISHER, un aparato que posee dos pipetas de absorción más una contiene un reactivo, ácido sulfúrico que se encarga de absorber CO, O, CO₂ en caso de que reste algo en la muestra la otra pipeta se denomina pipeta de absorción de baja combustión, consiste en una resistencia graduada con un reóstato para que la luz sea de un amarillo brillante esta pipeta se encarga de quemar los hidrocarburos no saturados al exponer la muestra a la resistencia por un tiempo determinado.

El aparato de Orsat está constituido básicamente de un tubo de cristal graduado en el cual se introduce una muestra de gas y de tres recipientes B, B1, B2, que contiene sustancias que absorben el CO₂, O₂, CO, respectivamente.

B. contiene solución de potasa cáustica comercial, y dos partes de agua.

B1. contiene dos soluciones mezcladas la primera es 5gr. De ácido pirogálico y 25 cm³ de agua, la segunda 120gr. De potasa cáustica disuelta en 80 cm³ de agua.

B2. tiene una disolución saturada de protocloruro de cobre en ácido clorhídrico.

1.2.3.2. PRECAUCIONES EN EL USO DEL ORSAT.

El aparato de Orsat no es un instrumento de precisión. En efecto, hay que tomar muchas precauciones para obtener resultados satisfactorios para fines de ingeniería.

Un posible error en el análisis Orsat, es aquel ocurrido debido a las fugas en las líneas de transferencia y en el Orsat mismo, es necesario el uso de válvulas de vidrio esmerilado, aunque estos son difíciles de mantener herméticos. Para minimizar las fugas en los grifos deben cubrirse de una ligera capa de grasa especial y apretar fuertemente contra sus asientos al moverlos. Estas conexiones deben examinarse frecuentemente para comprobar si están bien ajustadas y no tienen ralladuras.

El Orsat puede probarse admitiendo y midiendo cierta cantidad de aire, por ejemplo, de 90 a 100 ml se eleva la botella de nivelación para someter el aire a presión y se le mantiene en esta posición elevada durante unos 10 minutos o más, se vuelve a medir la cantidad de aire en la bureta, comparándola con

la medición original de admisión; si ha habido una disminución es que hay una fuga y habrá que investigar sus orígenes.

Este método no pone en evidencia las fugas que se producen en el lado de los reactivos de los grifos de las pipetas, normalmente hay un pequeño grado de vacío en las pipetas de los reactivos.

También hay que tener especial cuidado con los reactivos por cuanto su capacidad de absorción disminuye con el tiempo.

1.2.3.3. CÁLCULOS FUNDAMENTADOS EN EL ANÁLISIS ORSAT.

Los componentes son removidos por absorción directa en el siguiente orden: dióxido de carbono, hidrocarburos no saturados, oxígeno y monóxido de carbono. Lo que resta en la muestra es hidrogeno e hidrocarburos saturados, por lo tanto el cálculo del porcentaje absorbido se determina en la siguiente ecuación según el catálogo de la casa FISHER:

$$\% \text{ componente} = \frac{\text{decremento en volumen}}{\text{muestra de volumen}} \times 100$$

1.2.4 CROMATOGRAFIA.

"Técnica de separación e identificación utilizada en el análisis químico, tanto cualitativo como cuantitativo"

La cromatografía permite en efecto, separar y reconocer los diversos componentes de soluciones y mezclas gaseosas.

El cromatógrafo de gases es la herramienta técnica empleada para estos fines.

1.2.5. PLANTEAMIENTO

La construcción de este dispositivo es necesario para mejorar el proceso de enseñanza en la Universidad, debido a que éste aparato serviría como un instrumento didáctico de apoyo al docente y de gran ayuda al alumno. Sería el respaldo fundamental para el mejor entendimiento de los objetivos de la cátedra de Sistemas de Combustión y Calderas e incluso de motores de Combustión, así como también Combustibles y Lubricantes, en cuanto se refiere a lo proyectado en el área de la combustión y los productos de la combustión, contribuyendo en el logro de dichos objetivos.

Por ser un aparato de vieja data es de muy fácil ensamblaje y uso, por las siguientes razones: a) este aparato es necesario para la realización de las practicas cuando se esté viendo los objetivos que traten de la combustión y los productos de la combustión; b) sumaria dinamismo a la enseñanza teórica y a

su vez haría más atractiva las prácticas para el alumnado, creando un ambiente de estudios favorable tanto para el profesorado como para los alumnos.

1.2.5.1. Taller de Mecánica

Las instalaciones del taller no cuentan con un Aparato de ORSAT herramienta fundamental que cumpliría una función de respaldo didáctico ante las enseñanzas teóricas en cuanto a los objetivos que cubren el proceso de la combustión, el ORSAT fungiría como una plataforma el alumnado y al docente dando como resultado un proceso de retroalimentación exitoso.

El empleo del Orsat es ventajoso frente al cromatógrafo de gases debido a que este es muy sofisticado versátil además de costoso, lo que lleva a la reflexión de que el ORSAT cumple con las exigencias académicas específicas lo que se tornaría en un ahorro de dinero.

1.2.6. EMPRESA FABRICANTE.

La "FICHER SCIENTIFIC COMPANY" PITTSBURGH, PENNSYLVANIA en su división para construcción de instrumentos, es la encargada del diseño y ensamble de estos equipos, el Aparato Orsat en todas sus variedades, aunque en una revisión de un catálogo de ventas del año 1992 ya no aparece oferta de este aparato, esta casa matriz ahora se encarga de la fabricación de los cromatógrafos de gases instrumento mucho más sofisticado que el ORSAT. Se encontró en una reseña bibliográfica que esta casa había dejado de fabricar el aparato de Orsat a finales de la década de los 60.

1.2.7 MODELOS DE APARATO ORSAT:

Los modelos de aparato Orsat tienen en común la mayoría de sus componentes conformado por :

- a) Manifold.
- B) Pipetas de gas o pipetas capilares.
- c) Camisa de agua.
- d) Botella niveladora.
- e) Bolsas de gas.
- f) Tubería de goma.

Varían en el número de pipetas a usar y en los reactivos contenidos en estas pipetas, es decir aparte de medir CO₂, CO, O hay modelos que miden los hidrocarburos no saturados con una pipeta extra cuyo contenido es ácido sulfúrico, el APARATO ORSAT también mide a través de la pipeta de

combustión lenta (CO, CO₂, O, HIDROCARBUROS NO SATURADOS, Y OTROS GASES COMBUSTIBLES NO QUEMADOS). La pipeta de combustión lenta es una ampolla con una resistencia que posee un reóstato para regular la temperatura de esta.

1.2.7.1 Analizador de gases

FYRITE

Este equipo emplea el método "ORSAT" de medida volumétrica efectuando la absorción de la muestra de gas por medio de una solución química que actúa como indicadora de la concentración del gas analizado. El sistema consta de dos equipos, una para la medición del O₂ y otro para la medición del CO₂, además cuenta con una bomba opacimétrica para el análisis del negro de humo de los gases con una escala de Bacharach para calcular el nivel de pérdidas por combustión.



Figura 1.4. Analizador de gases.

1.2.7.2. ANALIZADOR DE ORSAT.

Examine la curva de análisis del gas de escape basado en los datos de pruebas practicadas en una caldera de gas. El porcentaje de bióxido de carbono (CO₂) en el gas de escape que marque un aparato de ORSAT, es comparado con el porcentaje de oxígeno O₂ del mismo gas.

Observe primero que el porcentaje de CO₂ en el gas de escape es mayor cuando la combustión se produce en la cantidad exacta de aire para quemar el gas por completo. En este caso el exceso de aire tiene un porcentaje de cero. Esto ocurre en los puntos M de la curva en cualquiera otra porción de aire y combustible se obtendrá un menor porcentaje de CO₂, es decir cuando se opera con máximo de CO₂ (exceso de aire 0%) bien sea una merma de aire en la combustión reduce el CO₂ ,cuando se

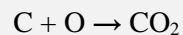
opera a la derecha de M hay deficiencia de aire en la combustión, lo que se hace evidente con la presencia de CO (monóxido de carbono) en los gases de escape.

Como el CO en el gas de escape representa un desperdicio de combustible (combustión incompleta), debe operarse el quemador en la parte de la curva a la izquierda de M. El procedimiento de operación muestra como juzgar esta operación.

Como ejemplo adicional, suponga que el CO₂ marca el 9%, este puede ser el punto D0, o E ahora suponga que se aumenta ligeramente el consumo de gas (sin cambiar la entrada de aire) y el CO₂ sube ligeramente al 10% entonces el punto de operación tiene que ser necesariamente F puesto que el porcentaje de O₂ (o exceso de aire) tiene que haberse reducido. No puede verse humo en la chimenea hasta que la deficiencia de aire de combustión sea excesiva. Un análisis completo de combustión puede hacerse fácilmente con un aparato de ORSAT, que mide no solamente el porcentaje de CO₂ sino también el de CO y O₂ en el gas de escape.

1.2.8. QUÍMICA DE LA COMBUSTIÓN.

Combustión es sinónimo de oxidación y consiste en la unión del oxígeno con una materia combustible. Los grados de combustión varían ampliamente, conociéndose la combustión lenta y la combustión muy rápida o detonación. De acuerdo con los fundamentos de química la unión de carbono y oxígeno se expresa en la forma siguiente:



$$1 + 1 \rightarrow 1 \text{ en moles}$$

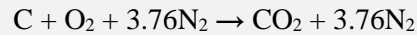
$$12 + 32 \rightarrow 44 \text{ en peso}$$

Una cantidad utilizada frecuentemente en el análisis de procesos de combustión para cuantificar las cantidades de combustible y aire es la relación aire-combustible, AC. Suele expresarse en una base de masa y se define como la relación entre la masa del aire y la masa de combustible en un proceso de combustión. Es decir,

$$AC = \frac{m_{aire}}{m_{comb}}$$

La masa m de una sustancia se relaciona con el número de moles N por medio de la relación $m = NM$, donde M es la masa molar.

Ejemplo 1.8.1. La combustión del carbono con el aire se representa de la siguiente manera:



$$1 + 1 + 3.76 \rightarrow 1 + 3.76 \text{ en moles}$$

$$12 + 32 + 3.76(28.2) \rightarrow 44 + 3.76(28.2) \text{ en peso dividido entre 12}$$

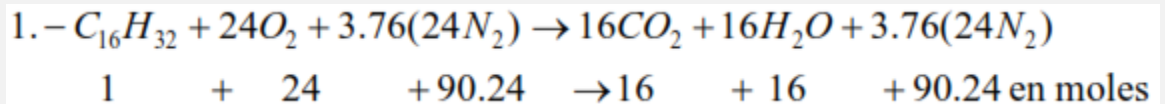
$$1 + 2.667 + 8.84 \rightarrow 3.667 + 8.84 \text{ en peso}$$

Combustible + aire \rightarrow productos

por lo tanto el aire requerido será

$$(2.667 + 8.84)/1 = 11.5 \text{ kg de aire por kg de carbono}$$

Ejemplo 1.8.2. Se quema Fuel Oil típico $C_{16}H_{32}$, con la cantidad correcta de aire. Calcular: 1. la ecuación de combustión. 2. La relación ideal aire combustible, 3. El porcentaje de CO_2 en volumen, existente en los gases secos de la chimenea 4. el porcentaje de en volumen presente en estos gases .



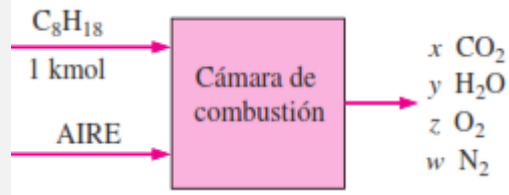
$$2. - \frac{A}{F} = \frac{\text{kg.de aire}}{\text{kg.de combustible}} = \frac{24(32) + 90.24(28)}{16(12) + 32(1)} = 14.68$$

3. - porcentaje de CO_2 en lops gases secos de la chimenea (en volumen)

$$\frac{16}{16 + 90.24} = 0.1505 \text{ es decir } 15.05\% CO_2$$

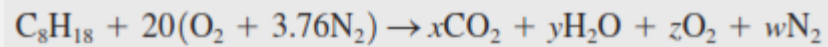
$$4. - \% N_2 = 100 - 15.05 = 84.95\%$$

Ejemplo 1.8.3 Un kmol de octano (C_8H_{18}) se quema con aire que contiene 20 kmol de O_2 , como se muestra en la figura. Suponga que los productos contienen sólo CO_2 , H_2O , O_2 y N , determine el número de moles en cada gas en los productos y la relación aire-combustible para este proceso de combustión.



Esquema ejemplo 1.8.3

Análisis La ecuación química para este proceso de combustión puede escribirse como



donde los términos en el paréntesis representan la composición de aire seco que contiene 1 kmol de O_2 y x , y , z y w representan los números de moles desconocidos de los gases en los productos. Estas incógnitas se determinan con la aplicación del balance de masa a cada uno de los elementos, es decir, la masa o el número total de moles de cada elemento en los reactivos debe ser igual a la de los productos:

$$\begin{array}{l} \text{C:} \quad \quad \quad 8 = x \quad \rightarrow \quad x = \mathbf{8} \\ \text{H:} \quad \quad \quad 18 = 2y \quad \rightarrow \quad y = \mathbf{9} \\ \text{O:} \quad 20 \times 2 = 2x + y + 2z \quad \rightarrow \quad z = \mathbf{7.5} \\ \text{N}_2: \quad \quad (20)(3.76) = w \quad \rightarrow \quad w = \mathbf{75.2} \end{array}$$

Observe que el coeficiente 20 en la ecuación balanceada anterior representa el número de moles de oxígeno, no el número de moles de aire. Éste se obtiene sumando $20 \times 3.76 = 75.2$ moles de nitrógeno a los 20 moles de oxígeno lo que da un total de 95.2 moles de aire. La relación aire-combustible (AC) se determina tomando la proporción entre la masa de aire y la masa de combustible.

$$\begin{aligned} \text{AC} &= \frac{m_{\text{aire}}}{m_{\text{combustible}}} = \frac{(NM)_{\text{aire}}}{(NM)_{\text{C}} + (NM)_{\text{H}_2}} \\ &= \frac{(20 \times 4.76 \text{ kmol})(29 \text{ kg/kmol})}{(8 \text{ kmol})(12 \text{ kg/kmol}) + (9 \text{ kmol})(2 \text{ kg/kmol})} \\ &= \mathbf{24.2 \text{ kg aire/kg combustible}} \end{aligned}$$

Es decir, se emplean 24.2 kg de aire para quemar cada kilogramo de combustible durante este proceso de combustión.

I.1.3.1 Técnica didáctica: Exposición del profesor

I.1.3.2 Material de Apoyo: Libro y diapositivas como equipo real

I.1.4 Actividades de aprendizaje

I.4.1. Actividad de aprendizaje No. 1:

T-1 Cuestionario de generalidades

I.1.4.1 Instrucciones: Contestar correctamente las preguntas del cuestionario:

n) Valor actividad: 5 Puntos

o) Producto esperado: Documento que contenga Cuestionario y sus respuestas correctas

p) Fecha inicio:

q) Fecha entrega:

r) Forma de entrega:

s) Tipo de actividad: Individual

t) Fecha de retroalimentación:

I.1.4.2 Criterio de evaluación de la actividad T-1

Actividad	Actividad	Ponderación
Cuestionario	Responder un cuestionario	1.5 Puntos
Problemas	Resolver problemas	3 puntos
Uso de regla de presentación	Utilizar el formato para la elaboración de trabajos	0.5 puntos
	Total	5 puntos

I.1.4 Actividad de aprendizaje No. 2

T-2 INVESTIGAR COMBUSTIÓN Y COMBUSTIBLES.

COMBUSTIÓN.

"Se entiende por combustión, a la combinación violenta, con desprendimiento de luz y calor, del Oxígeno del aire con el Carbono, Hidrógeno, Azufre y Nitrógeno."

I.1.4.1 Instrucciones: Investigar y leer los principios COMBUSTIÓN Y COMBUSTIBLES.

Valor: 10 Puntos

Producto esperado: Documento en la libreta que contenga los principios COMBUSTIÓN Y COMBUSTIBLES, así como la química de la combustión.

I.1.4.2 Criterio de evaluación de la actividad T-2

Actividad	Actividad	Ponderación
Investigación	Revisar Combustión y Combustibles. La combustión del Oxígeno con el Carbono, Hidrógeno y Azufre	7 Puntos
Comprensión de los principios	Después de leer detenidamente los principios Combustión y Combustibles	2.5 puntos
Uso de la regla de presentación	Utilizar el formato para la elaboración de trabajos	0.5 puntos
	Total	10 puntos

I.1.5 Resultado del Aprendizaje:

APLICAR: COMBUSTIÓN Y COMBUSTIBLES.

COMBUSTIÓN.

"Se entiende por combustión, a la combinación violenta, con desprendimiento de luz y calor, del Oxígeno del aire con el Carbono, Hidrógeno, Azufre y Nitrógeno."

La combustión del Oxígeno con el Carbono, Hidrógeno, Azufre, se efectúa en proporciones de peso bien determinadas, así pues por cada átomo de Carbono se necesitan 2 átomos de Oxígeno para llegar a la combustión perfecta formando CO₂ (dióxido de Carbono), el Carbono que se quema con deficiencia de aire forma el gas CO (monóxido de Carbono), que representa solo el 30% de una combustión perfecta, por lo tanto la combustión al formarse CO es incompleta.

I.1.6 Bibliografía:


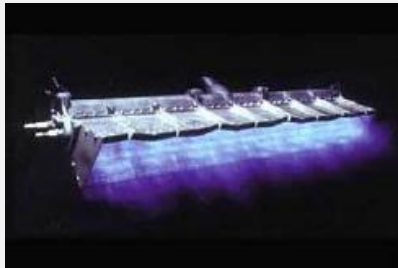

W.H.Severnsh .Er.Degler J.C.Miles 2003, Energía Mediante Vapor Aire o Gas, Barcelona, España, Editorial Reverte.

Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, Ediciones 5, 6 y 7, Termodinámica.

Catalogos de productos, Spirax Sarco Mexicana, S.A. de .C.V. Edición 1999.

Manual de calderas del ISSSTE. Hecho en 1998. Huejutla de Reyes Hidalgo.

Programa educativo

Unidad	2	Asignatura:	Sistemas de Combustión y Calderas
Práctica N°:	2	Nombre de la práctica:	Quemadores y Sistema de manejo de Combustible y Control de Combustión
Nombre Integrante(s):			
Introducción:	<p>Quemador: es el equipo destinado específicamente a producir la reacción exotérmica de la combustión.</p> <p>Objetivo: mezclar y direccionar el flujo de combustible y de aire dentro de la caldera, de una manera tal que se pueda asegurar un encendido rápido y la combustión se realice por completo.</p> <div data-bbox="344 953 688 1205"></div> <div data-bbox="732 947 1127 1213"></div> <div data-bbox="1149 936 1523 1205"></div> <p>Los quemadores son aparatos o mecanismos cuya función es preparar la mezcla de combustible + comburente para realizar la combustión.</p> <p>En el quemador, el combustible y el comburente (aire) entran por separados y en el se regulan las cantidades de cada uno, mezclándose lo más perfectamente posible e iniciándose su propio encendido.</p> <p>Los quemadores son los equipos donde se realiza la combustión, por tanto deben contener los tres vértices del triángulo de combustión; es decir, tienen que lograr la mezcla íntima del combustible con el aire y además proporcionar la energía de activación.</p>		
Objetivo:	El alumno seleccionara el quemador, el sistema de manejo de combustible así como el control de combustión más adecuado.		

Marco Teórico: 2.1 QUEMADORES

El combustible en la caldera se introduce mediante dispositivos que reciben el nombre de quemadores. En ellos se mezcla el aire atmosférico, en realidad el oxígeno que forma parte del mismo, con el elemento que al quemarse producirá el calor, que calentará al agua produciendo el vapor.

Los hay de muy variados tipos, en función del tipo de combustible primario que quema la caldera. Los más complicados son los quemadores para carbón, ya que previamente debe ser pulverizado a efectos de acelerar el quemado. Los de gas son simples en su concepción, resultando en un buen quemado de gran limpieza.

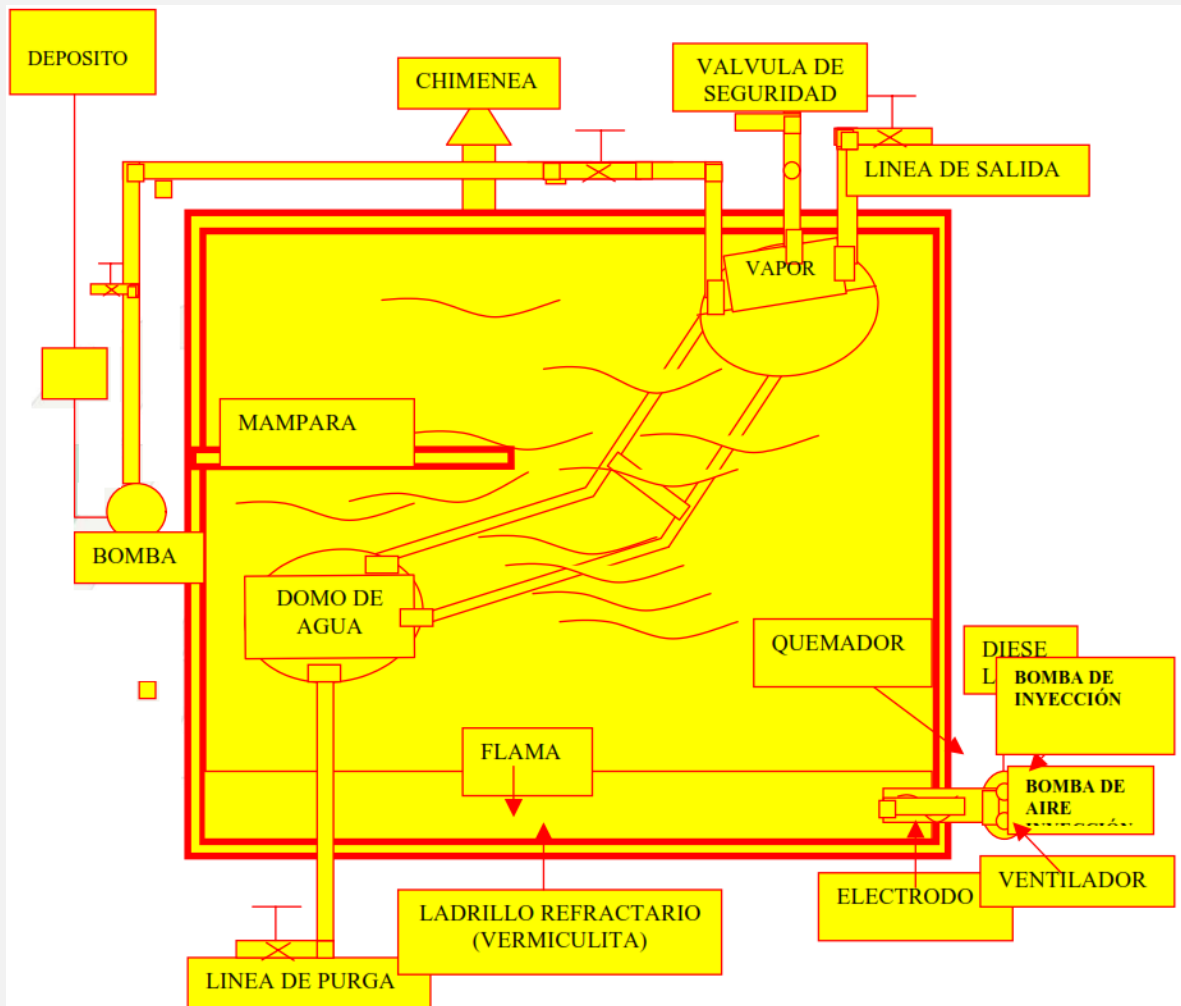


Figura 2.1. Esquema generador de vapor

El que vemos a la derecha, es un primitivo quemador de petróleo (no directamente, sino alguno de sus destilados). Mediante mariposas se logra la regulación del aire y de la cantidad de combustible, para producir la mezcla combustible óptima. Cuando el combustible es muy pesado, como por ejemplo el fuel oil, debe ser precalentado antes, para bajar su viscosidad y facilitar su atomización.

Quemador

El conjunto quemador está integrado por:

- Cañón o base.
- Electrodo de ignición.
- Quemador de alta o baja.

CAÑÓN O BASE. Es el lugar donde se encuentra instalados los electrodos de ignición y los quemadores.

ELECTRODOS DE IGNICIÓN. Son dos cilindros delgados de cerámica cubriendo un hilo de alambre a través del cual circula un alta corriente eléctrica, estos electrodos están dispuestos frente a la boquilla del quemador con una distancia preestablecida con el fin de provocar un arco eléctrico para inflamar el combustible previamente asperado al interior del hogar.

QUEMADOR DE ALTA Y BAJA. Son dos tubos colocados de tal manera que sus puntas o extremos queden colocados cerca del lugar donde se produce el arco.

En sus extremos y en su interior esta acoplado una boquilla que contiene una Esprea o aspersor, el cual comienza a girar por el efecto del flujo de combustible y rocía el combustible hacia el interior del hogar de tal manera que no haga superficies de calefacción que no sea calentada por la flama.

DISEÑO Y DIBUJO DE UN QUEMADOR



Figura 2.2. Quemador

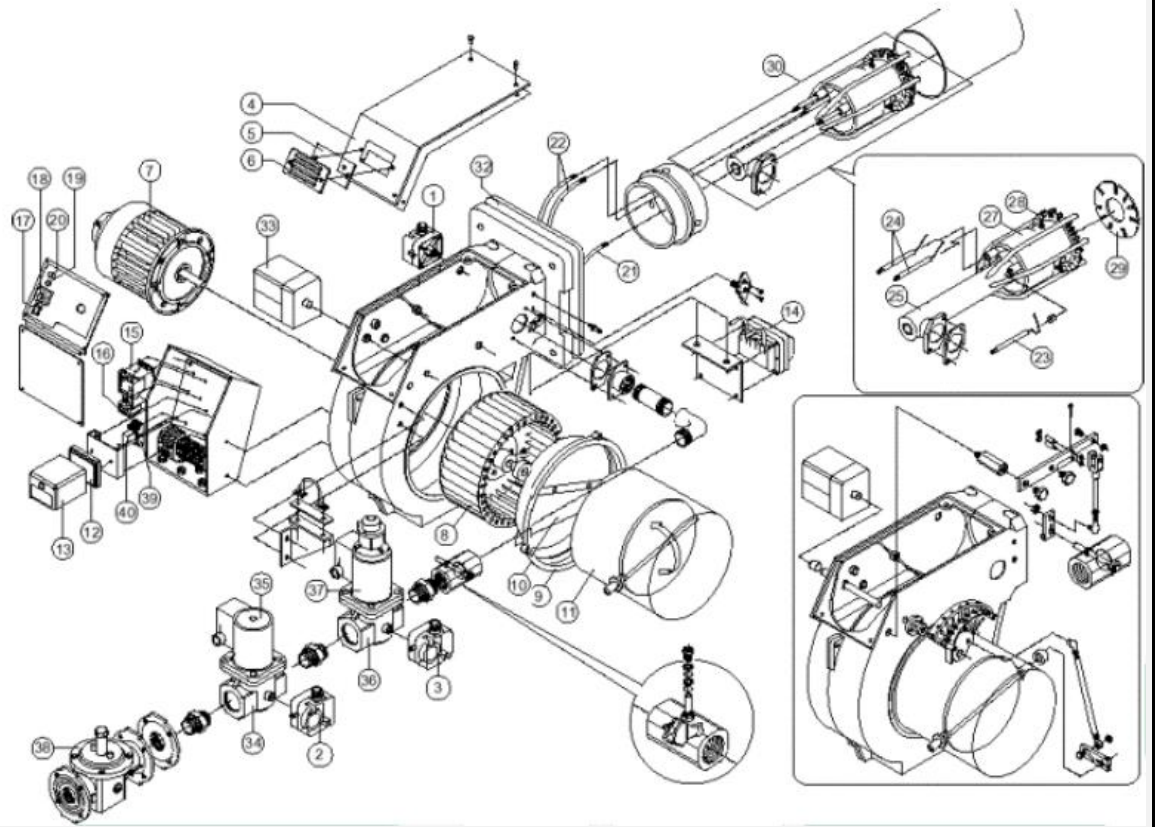


Figura 2.3 Partes de un quemador

DISEÑO DE UN QUEMADOR PARA GASES

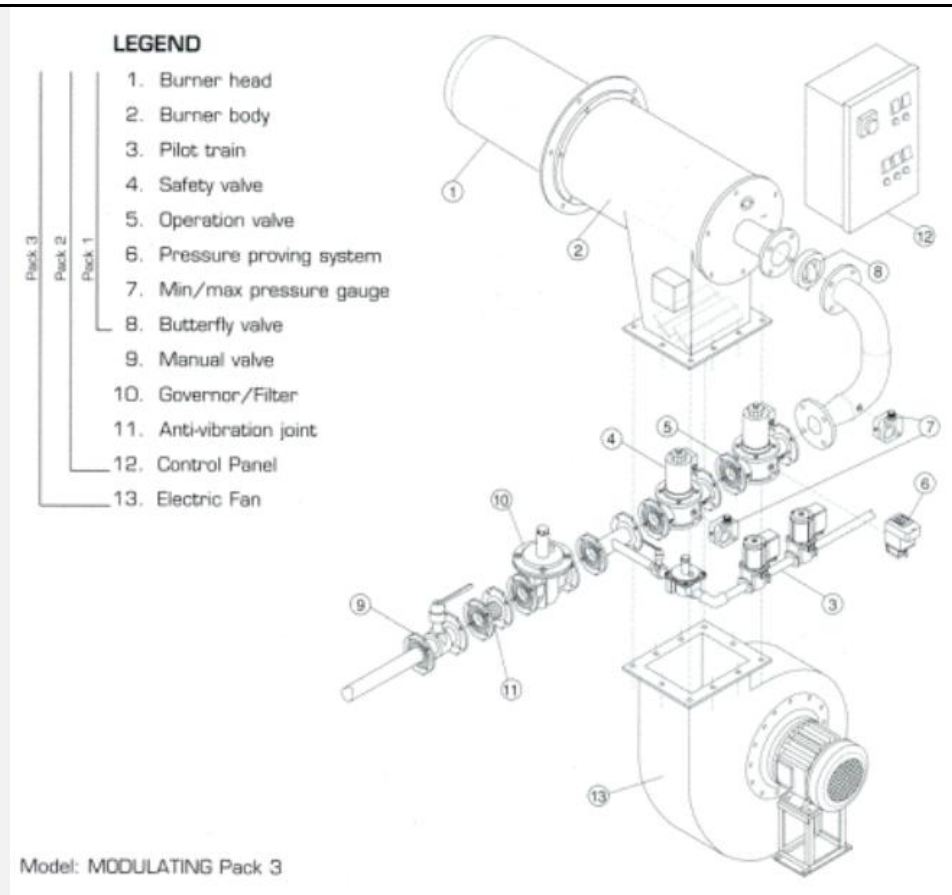


Figura 2.4. Quemador para gas

DISEÑO DE UN QUEMADOR DE COMBUSTOLEO E INDUSTRIAL



Figura 2.5 Quemador de combustóleo

Practica

PRÁCTICA

CUATRIMESTRE: Quinto

UNIDAD:

TEMA: Selección de combustible

I. OBJETIVO. Identificar el tipo de combustible por su capacidad de combustión

II. ANTECEDENTES TEORICOS

III. MATERIAL UTILIZADO

Tanque de oxígeno

Combustible sólido

Combustible líquido

Cuba de 2 lts.

Regla metálica

IV. HERRAMIENTAS, EQUIPO Y EQUIPO DE SEGURIDAD EMPLEADO

V. DESARROLLO

PROCESAMIENTO:

Paso 1. Pese aproximadamente 1 gr. de combustible, sólido o líquido, dentro del recipiente metálico.

Paso 2. Encienda el combustible.

Paso 3. Inyecte 10 atmósferas de oxígeno (1013.25 kPa, 10.13 Bar).

Paso 4. Detecte el incremento de flama y analice lo observado.

Registro de datos, parámetros, cuestionarios, y observaciones

Calcule el poder calorífico (Hcc) del combustible

$Q=W C_p T=W H_{cc}$

Q= calor desprendido o absorbido

W= cantidad de combustible

Cp= calor específico del combustible

T= variación de temperatura

Hcc= poder calorífico del combustible

¿Cuáles son los parámetros principales para la selección de un combustible?

VI. BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

VII. CONCLUSIONES

2.1.1. CONDICIONES PARA MANEJO DE COMBUSTIBLES.

SUMINISTRO DE COMBUSTIBLES

En los tanques en que se deposita el combustible para abastecer a los quemadores, deberán ser construidas con láminas completamente cerradas y provistas de un tubo para ventilación que lleve los gases que puedan formarse en aquellos, fuera del local ocupados por las calderas.

La unidad alimentadora de diesel o petróleo a presión se encuentra integrada al quemador, de tal forma que acciona con el mismo motor que mueve la turbina del aire.

Esta unidad de bombeo se encarga de succionar el combustible y llevarla hasta la boquilla atomizadora.

2.1.2. EQUIPOS REQUERIDOS

SISTEMA DE TUBERÍA

En este sistema solo existen líneas de alimentación por lo que no debe usarse el BY-PASS.

Para purgar el aire ponga el quemador a trabajar y afloje la válvula respectiva un cuarto de vuelta. Facilite la limpieza en esta operación conectando una pequeña manguerita hasta un recipiente apropiado. Haga el ajuste directamente en la válvula.

Si su sistema de alimentación es por gravedad, usted puede antes de prender el quemador, aflojar el tapón para la entrada de combustible que no esté usando, esperando hasta que fluya el combustible.

SISTEMA DE DOS TUBERIAS

Este sistema cuenta con líneas de alimentación y con línea de retorno, debiendo llevar instalado un tapón by – pass.

Abriendo la válvula para purga de aire ayudará a succionar más rápido el combustible.

ESPECIFICACIONES APLICABLES A TODOS LOS SISTEMAS

Las líneas al tanque del quemador no deben ser del diámetro menor de 3/8” (9.52 mm).

Las tuberías deben sellar perfectamente en todas sus conexiones y juntas.

Las líneas de entrada a la bomba y salida al retorno no deben tener más de 10 PSI (0.7 Kg. /cm. de presión). Presiones mayores pueden hacer que el estopero gotee.

La bomba “j” se debe usar donde la presión negativa debida a la carga por succión no exceda de diez pulgadas de Hg.; la bomba modelo H debe usarse donde el vacío no exceda 20 pulgadas de Hg. a 1725 RPM.

SUMINISTRO DE CORRIENTE ELECTRICA

Dentro del cuarto de calderas debe existir un centro de carga para suministrar una corriente de 110 volts para los motores de quemador y bomba inyectará de agua.

El centro de control de carga deberá comprender lo siguiente:

- Interruptor 30 amperes 110 volts
- Interruptor 30 amperes 220 volts
- Interruptor 30 amperes 220 volts
- Arrancador magnético 5 HP 220 volts

Las líneas de corriente eléctrica deberán llevarse por separado y debidamente entubadas.

Las líneas de 110 volts se conectarán entro de la caja de control del quemador, teniendo cuidado de que los polos vayan a su respectiva terminal.

De uno de los interruptores de 220 volts se llevará la corriente trifásica hasta la Caja del control del quemador, donde se encuentra el arrancador magnético para el motor de la turbina de aire.

Este arrancador tiene una bobina para 110 volts y es operado por el sistema de control de la caldera.

El otro interruptor de 220 volts alimentará el arrancador magnético para el motor de la bomba de agua.

Este arrancador si tiene una bobina de 220 volts, esta localizada junto al interruptor en el cetro de control de carga y es accionada por la cápsula de mercurio de dos líneas.

CHIMENEA

La chimenea va colocada al frente de la caldera, ensamblándose sobre el aro de la caja de humo, en la parte superior, está formada con lámina de acero. La chimenea tendrá la altura necesaria llevar a los gases de la combustión fuera del cuarto de calderas. Los tramos se unen con sólo atornillar las bridas de sus extremos y en la parte superior se coloca una protección para evitar que penetre el agua de lluvia.

La chimenea se puede armar completa con tierra y después levantarla con grúa, o se puede ir armando en secciones conforme se va levantando.

Para evitar que el viento la tumbe debe asegurarse con tirantes de alambre.

AIRE PARA COMBUSTIÓN

El aire para la combustión se regula por medio de la palanca que se encuentra al lado izquierdo del quemador. Para arrancar el quemador por primera vez, se abre completamente la compuerta que da paso al flujo del aire, levantando su palanca hasta su límite. Cuando ya está encendido el quemador, ajuste lentamente la palanca hasta el punto en que la combustión sea adecuada y sin emisión de humos a la chimenea. Fije la palanca apretando la tuerca del tornillo guía.

PRESIÓN DE COMBUSTIBLE

La presión de la bomba de combustible debe ser de 6 a 7 Kg./cm² para que cumpla con las especificaciones de gasto de la boquilla. Los engranes de la bomba se desgastan con el uso y cuando no es posible ajustarlos a esa presión entonces se deberá de cambiar la bomba.

I.2.2.1 Técnica Didáctica: Exposición del profesor.

I.2.2.2 Material de Apoyo: Diapositivas de quemadores, equipo real de calderas (ver caldera de la Universidad)

I.2.3 Actividades de Aprendizaje

Actividad de aprendizaje No. 1:

T-1 Cuestionario de generalidades

I.2.3.1 Instrucciones: Contestar correctamente las preguntas del cuestionario:

- u) Valor actividad: 5 Puntos
- v) Producto esperado: Documento que contenga Cuestionario y sus respuestas correcta
- w) Fecha inicio:
- x) Fecha entrega:
- y) Forma de entrega: Por separado, escrito a mano
- z) Tipo de actividad: Individual
- aa) Fecha de retroalimentación:

I.2.3.2 Criterio de evaluación de la actividad T-1

Actividad	Actividad	Ponderación
Cuestionario	Responder un cuestionario	4.5 puntos
Uso de Reglas de presentación	Utilizar el formato para la elaboración de trabajos	0.5 puntos
	Total	5 puntos

I.2.4 Actividad de aprendizaje No. 2

T-2 **INVESTIGAR** dispositivos que reciben el nombre de quemadores. En ellos se mezcla el aire atmosférico.

I.2.4.1 Instrucciones: Investigar y leer los principios de El combustible en la caldera se introduce mediante dispositivos que reciben el nombre de quemadores.

En ellos se mezcla el aire atmosférico, en realidad el oxígeno que forma parte del mismo, con el elemento que al quemarse producirá el calor, que calentará al agua produciendo el vapor.

En ellos se mezcla el aire atmosférico, en realidad el oxígeno que forma parte del mismo, con el elemento que al quemarse producirá el calor, que calentará al agua produciendo el vapor.

Actividad	Actividad	Ponderación
Investigación	Revisar. El combustible en la caldera se introduce mediante dispositivos que reciben el nombre de quemadores. Producirá el calor, que calentará al agua produciendo el vapor.	7 puntos
Compresión de los principios	Después de leer detenidamente los que reciben el nombre de quemadores.	2.5 puntos
Uso de las reglas de presentación	Utilizar el formato para la elaboración de trabajos	0.5 puntos
	Total	10 puntos

I.2.5 Resultado del Aprendizaje:

APLICAR: El combustible en la caldera se introduce mediante dispositivos que reciben el nombre de quemadores. En ellos se mezcla el aire atmosférico, en realidad el oxígeno que forma parte del mismo, con el elemento que al quemarse producirá el calor, que calentará al agua produciendo el vapor.

I.2.6 Bibliografía:

Federico Ling Altamirano. Ing. Mecánico electricista, UNAM.

Revisión técnica: Fausto Díaz Rodríguez, UIA.

Catálogos de productos, Spirax Sarco Mexicana, S.A. de .C.V. Edición 1999.

Reglamento de seguridad e higiene. (Capítulo 200)

Generación de Vapor Sección, 201 al 238. Comisión Federal de electricidad.

Manual de calderas del ISSSTE. Hecho en 1998. Huejutla de Reyes Hidalgo.

Programa educativo

Unidad	3	Asignatura:	Sistemas de Combustión y Calderas
---------------	---	--------------------	-----------------------------------

Práctica N°:	3	Nombre de la practica:	Generador de Vapor
---------------------	---	-------------------------------	--------------------

Nombre Integrante(s):	
------------------------------	--

Introducción:	<p>Una caldera de vapor es un recipiente cerrado en el cual se genera vapor de agua, utilizando el calor extraído de un combustible o por el uso de electricidad o energía nuclear.</p> <p>Un generador de vapor es un conjunto de aparatos y equipos auxiliares que se combinan para generar vapor. (Caldera, economizador, sobrecalentador de vapor, precalentador de aire, etc.)</p> <p>El objetivo de una caldera es realizar con la máxima eficiencia posible la transferencia de calor, definiendo esta de una manera sencilla como la porción de calor liberado en el horno que es absorbido por los fluidos en los elementos de la caldera.</p>
----------------------	---

Objetivo:	El alumno verificara el funcionamiento de un generador de vapor para comprobar su eficiencia, determinara la capacidad y el consumo de combustible en una instalación industrial.
------------------	---

3. CALDERAS

3.1. CALDERAS TAMAÑO Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE

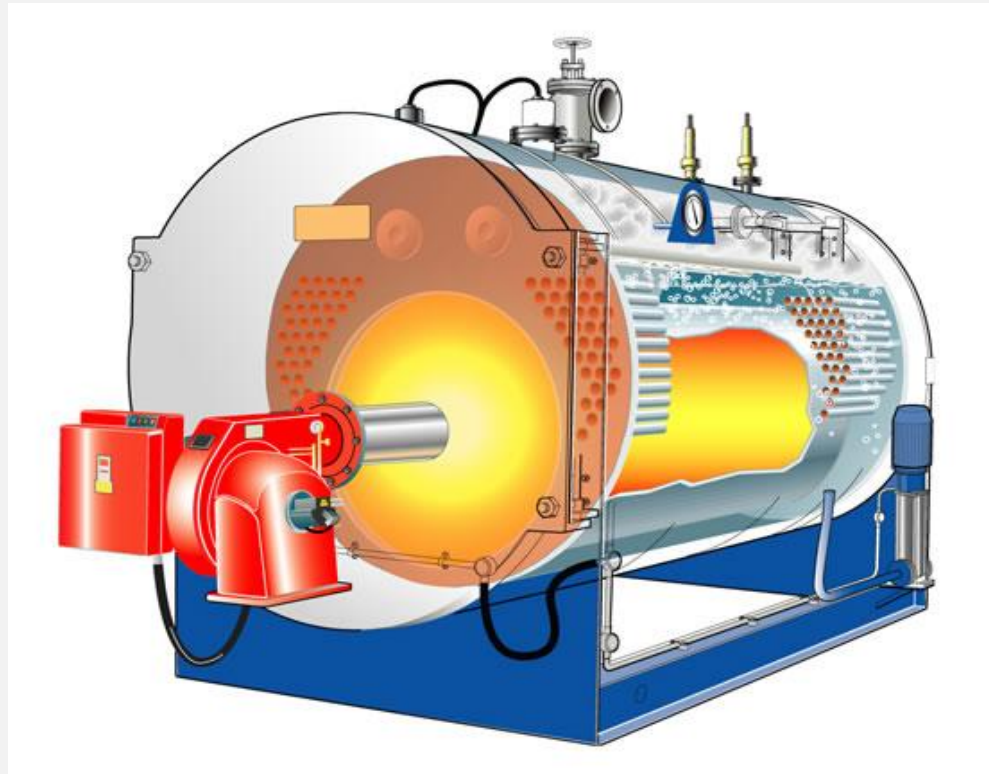


Figura 3.1. Caldera

3.1.1 SUPERFICIE DE CALEFACCIÓN.

Una de las particularidades más importantes de una caldera es lo que se llama superficie de calefacción, de la cual depende su capacidad de producción de vapor.

De esta forma se define como: “la superficie de metal que está en contacto al mismo tiempo con los gases calientes y con el agua a vapor húmedo”.

En las calderas se mide la superficie de calefacción siempre del lado de los gases y sus unidades son en m^2 ó ft^2 .

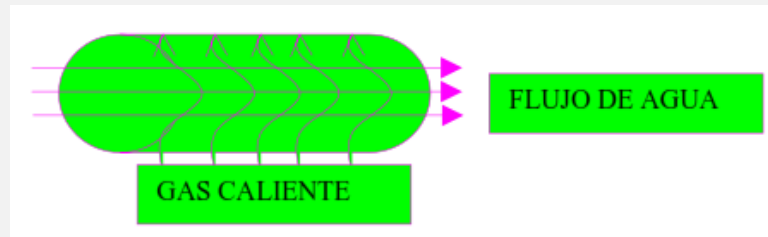


Figura 3.2. Flujo cruzado en calderas

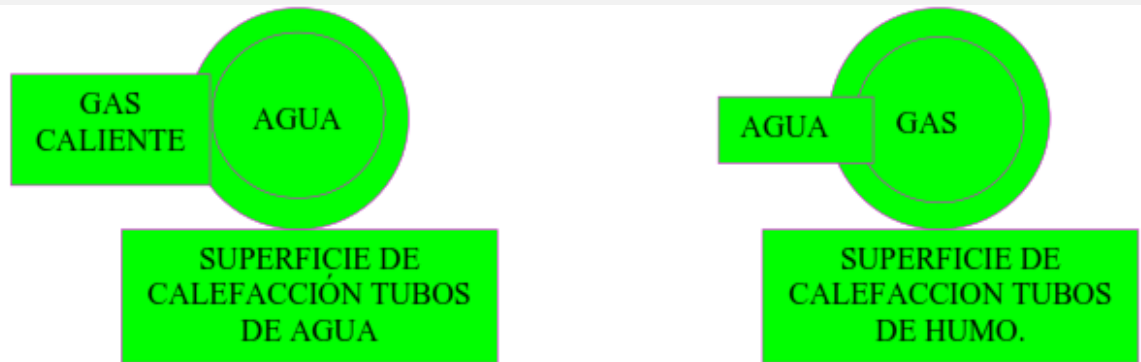


Figura 3.3. Superficie de calefacción.

La capacidad de producción se medía en la antigüedad por medio de los caballos caldera, esta unidad está en uso, sobre todo para calderas pequeñas, se dice que una caldera tiene una capacidad de un caballo caldera cuando es capaz de producir 15.65 kg/hr de vapor saturado a 100°C.

Cuando esta cantidad de vapor se produce por cada metro cuadrado de superficie de calefacción se dice que la caldera está trabajando al 100% de carga.

3.1.2. EFICIENCIA DE CALEFACCIÓN

Para calcular la eficiencia de una caldera se toman en cuenta 3 factores principales. Calor que se aprovecha en la caldera en 1 hora, Poder calorífico del combustible que se utiliza para caldera y el peso del combustible utilizado en 1 hora.

Estas variables son las siguientes formulas:

$$\eta = \frac{Q}{Ch Pc}$$

Donde:

η = Rendimiento o eficiencia (%)

Q = Calor aprovechado en la caldera Btu/h

Ch = consumo de combustible kg/h

Pc = Poder calorífico Btu/lb, kJ/kg, kcal/kg

Como podemos apreciar en la formula anterior el calor aprovechado en él y el vapor es directamente proporcional a la superficie de calefacción de generador de vapor, en otras palabras, entre mayor sea la superficie de calefacción mayor será el porcentaje de eficiencia de la caldera.

La eficiencia también es una medición relativa porque variara de acuerdo al porcentaje de carga de la caldera, es decir de acuerdo a la capacidad a la que esté trabajando.

LA CAPACIDAD NOMINAL: En caballos caldera, es la capacidad que deba tener de acuerdo a 10 ft² o 1 m² (1 CC.).

LA SUPERFICIE DE CALEFACCIÓN: Es de 10 ft² o 1 m² al 100% de carga y equivale a un caballo caldera.

CAPACIDAD REAL: Es en CC. La capacidad que tiene gracias a su diseño. Las calderas modernas son capaces de trabajar a más del 100% de carga, es decir, producen una cantidad de vapor superior a 34.5 lb/hr.

3.2 RENDIMIENTO O EFICIENCIA DE UN GENERADOR DE VAPOR.

El rendimiento de un generador de vapor depende del calor que reciba el fluido dentro de la caldera. Este calor que recibe a su vez depende de la entalpía (h) del agua al entrar a la caldera menos la entalpía al salir del generador. Esto viene dado por la siguiente relación:

$$Q = W(hv-hs)$$

en lb/hr; BTU/lb o Cal/kg; kJ/kg

donde: Q = Calor transmitido al fluido

W = Peso del vapor producido o flujo másico

hv = Entalpía del vapor (salir)

hs = Entalpía del agua (entrada)

Como ya hemos visto en el estudio de la termodinámica, el proceso que sigue el calentamiento del vapor dentro de un generador de vapor es un proceso a presión constante (**isobárico**).

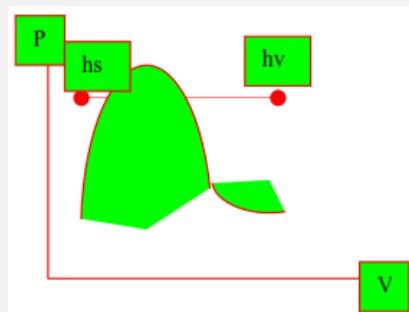


Figura 3.4. Diagrama Presion-volumen.

Con los datos obtenidos en la formula anterior ya es posible hallar la eficiencia de un generador de vapor, esto está dado de la siguiente forma:

$$\eta = \frac{Q}{Ch \times Pc} \quad \text{o} \quad \eta = \frac{W(hv-hs)}{Ch \times Pc}$$

DONDE:

η = Rendimiento del generador de vapor (%)

Q = Calor transmitido al fluido (BTU/hr).

Ch = Peso del combustible por hora (lb/hr).

Pc = Poder calorífico del combustible (BTU/lb).

El consumo del combustible se puede calcular por medio de la siguiente ecuación.

3.2.1 CAPACIDAD DE PRODUCCION DE VAPOR DE UNA CALDERA:

Se dice que un generador de vapor (G.V.) trabaja a 100% de su capacidad nominal (100% de carga), cuando produce por cada C.C. 34.5 lb / hr. De vapor saturado seco a 14.7 lb/pulg² con agua de alimentación a 212°F, por cada 10 ft² de superficie de calefacción.

En este caso el único calor que recibe el vapor es el de la vaporización del agua que a 212°F es de 970 BTU /lb. Se tiene entonces que:

$$(34.5 \text{ lb/hr}) * (970 \text{ BTU /lb}) = 33500 \text{ BTU/HR.}$$

Debido a que las calderas modernas tienen un mejor diseño en el que se aprovecha de mejor forma el intercambio de calor estas rinden más del 100%, es decir, transmiten más de 33500 BTU/HR, o trabajan a más de 100% de carga.

PORCENTAJES DE CARGA QUE SOPORTAN ALGUNOS TIPOS DE CALDERAS.

PRESION DE VAPOR (LB/PULG ²)	TUBOS DE HUMO	DE TUBOS DE AGUA, SENCILLAS		DE TUBOS DE AGUA CURVOS
		150	CON CABEZALES DE UNA PIEZA 300	CON CABEZALES SECCIONADOS 1400
PORCENTAJE DE CARGA (%)	150	250 (EN DISEÑOS ESPECIALES SE HA LLEGADO ASTA 500%)		300 MAXIMO
CAPACIDAD EN C.C.	400 MAX	600		1500

En otras palabras se le llama porcentaje de carga a la relación entre el calor que transmite por cada hora y el que debe de transmitir de acuerdo a su superficie de calefacción a razón de 33500 BTU/hr/C.C.

R = Porcentaje de carga (%)

1 C.C.= 33500 BTU/hr

Q = Calor transmitido al fluido por cada

(BTU/hr) $C_n = S/K$
 C_r = Capacidad real (C.C.)
 C_n = Capacidad nominal (C.C.)
 S = Superficie de calefacción de la caldera (ft²)

$$K = 1\text{m}^2/\text{C.C.} = 10\text{ft}^2/\text{C.C.}$$

$$R = (Q * 100) / (C_n * 33500)$$

3.2.2 EFICIENCIA DE LA CALDERA (η)

$$\eta = Q / (C_h * P_c)$$

P_c = Poder calorífico del combustible o cantidad de calor que produce la unidad de peso del combustible al quemarse.

Q = Calor que se aprovecha en la caldera (en una hora)

C_h = peso de combustible, usado en una hora.

El calor que recibe el vapor es producto de la vaporización del agua, es decir, de su cambio de estado y si tomamos en cuenta que el agua de alimentación se encuentra a 212°F.

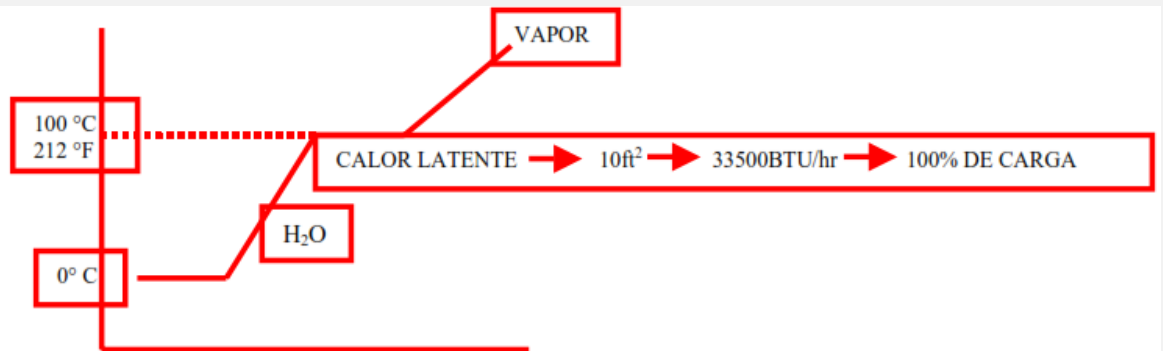


Figura 3.4. 33,500 BTU/hr en 10 ft² producen 34.5 lb/hr de vapor.

Ejercicio 3.1.1.-Una caldera tiene una superficie de calefacción de 2400 ft² y trabaja a 150 % de carga. ¿Que tipo de caldera es y que cantidad de calor se transmite al agua de alimentación?

Respuestas:

La caldera es de tubos de humo

Formulas	Datos	Desarrollo
$C_n = S/k$ $Q = \frac{RC_n 33500}{100}$	$S = 2400\text{ft}^2$ 150% de carga	$C_n = 2400\text{ft}^2 / 10\text{ft}^2/\text{C.C.} = 240\text{C.C.}$ $Q = 150\% \times 240\text{C.C.} \times 33500\text{BTU/h/C.C.} / (100)$

$$Q = 1206 * 10^4 \text{ BTU/hr}$$

Ejercicio 3.1.2. Una caldera tiene una superficie de calefacción de 1000 ft² y transmite al fluido 6*10⁶ BTU / HR. ¿A que porcentaje de carga trabaja la caldera y cual es su capacidad real y nominal?

Datos	Formulas	Desarrollo
S = 1000 ft ² R =? Cn =? Cr =? k = 10 ft ² /C.C Q=6 * 10 ⁶ BTU / HR	$Cn = S/k$ $Cr = \frac{Q}{33,500}$ $R = \frac{Q \cdot 100}{Cn \cdot 33500}$	$Cn = (1000 \text{ ft}^2) / (10 \text{ ft}^2/CC)$ =100 C.C. Q = 6*10 ⁶ BTU / hr Cr = Q / 33,500 Cr= (6*10 ⁶ x 100) / (100 x 33500) = 179.1 C.C. R = (6*10 ⁶ x 100) / (100 x 33500) = R = 179.1 %

3.1.4. Una caldera tiene tubos de agua rectos, posee 14 hileras de tubos a lo largo y 20 hileras de tubos a lo ancho (los tubos tienen 18 ft de largo. El diámetro exterior de los tubos es de 4 pulgadas y la caldera puede trabajar a 175% de carga. Encontrar: S, Cn, Cr, Q.

Datos	Formulas	Desarrollo
S = ? Cn =? A= 1*1 Cr =? Q =? 14 hileras *20 hileras 18 ft. Largo diam=4 pulg. 175% carga.	$P = \pi * D$ $Cr = Q / 33,500$ $Cr = \frac{CnR}{100\%}$ $Q = Cr \times 33500$	$P = \pi \times 0.33 \text{ ft} = 1.036 \text{ ft}$ P=1.036 ft A= 1.036 ft × 18 ft =18.66 ft ² A=18.66 ft ² A _{TOTAL} = 34TUBOS × 18.66 = 634.44 ft ² S = 634.44 ft² Cn = 634.44 ft ² / (10 ft ² /C.C.) = 63.444 C.C. Cr = (63.444 C.C. x 175%) / 100% Cr = 111.2 C.C. Q = 111.2 C.C. x 33500 BTU/h Q = 3725200 BTU/h

3.3 Accesorios de las calderas:

Los accesorios que generalmente llevan las calderas son, manómetro, nivel de agua, regulador del agua de alimentación, válvulas de seguridad, tapones fusibles, purgadores, sopladores de hollín, indicadores de tiro y aparatos de control. A continuación se describirán algunos de estos accesorios.

Válvulas de seguridad:

Se emplean para impedir que en las calderas se desarrollen presiones de vapor excesivas, abriéndose automáticamente a una presión determinada y dejando escapar el vapor. El número y tamaño de las válvulas de seguridad para una determinada caldera, generalmente viene especificada por la legislación vigente o por las compañías de seguro.

Purgadores :

Van en la parte más baja de la caldera y algunas veces también en el cuerpo cilíndrico; se utilizan para sacar una cierta cantidad de agua con el fin de extraer de la caldera los lodos, sedimentos y espumas. Las impurezas de las grandes cantidades de agua vaporizada se van precipitando constantemente. En ocasiones se emplea un purgado (por el fondo) continuo por medio de un tubo pequeño, para sacar las impurezas a medida que se precipitan. No obstante, cuando se sigue este procedimiento, los purgadores grandes hay que abrirlos de vez en cuando para sacar más completamente los lodos acumulados.

Sopladores mecánicos de hollín:

Están instalados en las calderas permanentemente y situados de manera que todas las superficies de caldeo sometidas a la acumulación de hollín puedan limpiarse con chorros de vapor, aire o una mezcla de aire y vapor. Los sopladores de hollín están contruidos para girar en un sentido estirando una cadena; los chorros barren el arco de soplado una vez cada revolución.

También cabe hacer notar la importancia que tiene el cuidado en lo que respecta a la contaminación de la caldera producida por el agua por lo cual haré mención a esta. Las impurezas del agua de alimentación se combinan mecánica y químicamente durante el funcionamiento de la caldera para formar la capa de incrustación sobre las superficies de caldeo.

Las pérdidas caloríficas ocasionadas por las incrustaciones de las calderas varían con la temperatura y con los caudales de los gases y del agua. Por esto en todas las calderas en que se trabaja con agua sin destilar se necesita utilizar periódicamente los limpiatubos mecánicos para quitar en forma eficiente la incrustación depositada sobre la superficie de los tubos. Estos limpiatubos mecánicos son de dos clases:

1- Tipo vibratorio:

Desprenden la incrustación por medio de golpes rápidos y que son aplicables a las calderas acuotubulares y pirotubulares.

2- Tipo fresa giratoria:

Arrancan la incrustación por medio de una herramienta cortante rotativa y que solamente se emplea en las calderas acuotubulares.

Así como la incrustación se deposita sobre las superficies de caldeos bañadas por agua, el hollín se acumula sobre la cara expuesta a los gases que van a la chimenea. El hollín está formado por toda la materia sólida que abandona el lecho del combustible y es arrastrada por los productos gaseosos de la combustión. Se ha demostrado experimentalmente que el hollín es un excelente aislante del calor, el cual produce una disminución de la conductividad calorífica del 25 % en espesores de 1.5 mm. Las superficies de las calderas en contacto con los gases de la combustión se limpian normalmente por medio de lanzas de vapor movidas a mano, con sopladores de hollín, cepillos ó dispositivos similares.

3.4 EQUIPO DE MEDICION EN LA CALDERA.

Los generadores de vapor cuentan con diversos instrumentos de medición. Tales instrumentos pueden medir ya sea presión y/o temperatura (termómetros).

Los instrumentos empleados para medir la presión de vapor, agua, o combustible (líquidos o gases) en una caldera se denominan manómetros.

Como ya se sabe la presión la medimos en PSI, kg/cm², bares, Pascales y comúnmente el encargado de leer las distintas lecturas en sus respectivas unidades es el manómetro. Este manómetro asemeja a la carátula de un reloj (por lo regular) y mediante sus graduaciones las cuales leemos gracias a la aguja con la que se encuentra integrada que a su vez es tensada por un tubo de BOURDON.

MANÓMETRO

Los manómetros Spirax Sarco tienen una carátula de 4" con escalas en bar y psi. Deben ser instalados con tuvo sifón en "U" o tipo "cola de marrano"

CONDICIONES LÍMITE DE OPERACIÓN.

Presión máxima de operación: 25 bar m.

Temperatura máxima de operación: 217°C (El tuvo sifón deberá ser instalado para estas condiciones límite)

Máxima temperatura de servicio: 60°C (Considerando que el tuvo sifón se encuentre instalado).

Rango	BAR	PSI
1	0-1.6	0-23
2	0-4	0-53
3	0-6	0-86
4	0-10	0-145
5	0-16	0-230
6	0-25	0-360

3.5 CONCEPTOS TERMODINAMICOS:

PRESION ABSOLUTA:

Cuando un líquido se encuentra contenido en un recipiente abierto, además de la presión soportada por su peso soporta la presión atmosférica, la cual se transmite uniformemente por todo el volumen del líquido. Si un líquido se encuentra encerrado en un recipiente y además de la presión atmosférica recibe otra presión llamada presión manométrica, que puede ser causada por el calentamiento del recipiente, la presión absoluta será la suma de estas dos presiones.

PRESION RELATIVA:

Es la presión medida sobre la presión atmosférica. Sus unidades de medida son: kg/cm², mm de Mercurio, metros de agua.

ENTROPÍA:

Si en una solución reversible cualquiera un elemento de calor absorbido (+ ó -) se divide por la temperatura absoluta a la cual se toma; El resultado es igual a la correspondiente variación de entropía.

ENTALPÍA:

Es la suma que resulta del flujo de trabajo (Pv) y la energía interna (u) del fluido. Cabe mencionar que este concepto se aplica solo en los procesos en los que existe flujo.

LEY CERO DE LA TERMODINAMICA:

Cuando dos sistemas están en equilibrio mutuo, comparten una propiedad que puede medirse y se le puede asignar un valor numérico definido.

PRIMERA LEY DE LA TERMODINAMICA:

Es la transformación de calor en otra energía o la energía en calor, la energía calorífica es exactamente equivalente a la energía transformada, o sea, la energía no se crea solo se transforma.

SEGUNDA LEY DE LA TERMODINAMICA:

Esta ley dice que el calor se transmite de un cuerpo caliente a otro frío, y el proceso puede utilizarse para realizar el trabajo.

TERCERA LEY DE LA TERMODINAMICA:

Afirma que el cero absoluto (-273) no puede alcanzarse por ningún procedimiento que conste de un número finito de pasos.

EJERCICIO:

3.1.5. Una caldera de tubos de agua tiene 8 hileras de tubos, cada uno con 20 tubos. Cada tubo tiene 4 pulgadas de diámetro exterior y 8 ft de largo. La caldera puede trabajar hasta 250% de carga (pues tiene un sobre calentador). Determine:

Superficie de calefacción.

Capacidad en caballos caldera (Cn y Cr).

Cantidad de calor transmitido por hora.

Datos	Formulas	Desarrollo
-------	----------	------------

<p>S = ? 8 hileras 20 tubos D = 4 in 8 ft largo 250% carga. Cn = ?</p> <p>A= l*I</p> <p>Cr = ? Q = ?</p>	<p>$P = \pi * D$ $Cn = S/k$ $Q = \frac{RCn33500}{100}$ $Cr = Q / 33,500$</p>	<p>$P = \pi \times 0.33ft = 1.03 ft$ P=1.03 ft A= 1.03 ft x 8 ft =8.29 ft² A=8.29 ft² $Cn = (1327 ft^2)/(10 ft^2/CC)$ = 132.7 C.C. Cn =132.7 C.C. A_{TOTAL}= 160TUBOS x 8.29 = 1327.0 ft² A_{TOTA} = 1327.0 ft² Q =(250 x 132.7 x 33500)/100=1113625 BTU/h Q=1113625 BTU/h Cr= 1113625/33500 Cr= 331.75 C.C.</p>
---	---	--

3.6 ACCESORIOS PARA INCREMENTAR EL CICLO TERMODINAMICO DE UN GENERADOR DE VAPOR.

Generalmente la eficiencia de una caldera depende de la superficie de calefacción y del diseño para aprovechar el calor generado por la combustión.

Dependiendo del tipo de generador de vapor la eficiencia varia de un 78% hasta un 85% este rango de variaciones se debe a que la caldera puede tener algunos accesorios para incrementar este numero.

Cavitación.

Fenómeno producido por el cambio de estado del vapor (húmedo) que oxida rápidamente a los alabes. Por medio de la fricción, la cual ocasiona la oxidación y por consiguiente el desgaste.

ADITAMENTOS. Para aumentar la eficiencia “η” en calderas de turbina.

Elevar la Temperatura: Agua de entrada---**Precaentador.**

Aire de Alimentacion---**Economizador.**

Elevar la Presion: **Recalentado**

NOTA: la eficiencia (η) depende del diseño, de la superficie de calefacción y del poder calorífico.

SOBRE CALENTADOR DE VAPOR.

Tiene por objeto sobrecalentar el vapor que sale de la caldera antes de entrar a las maquinas, consta de una serie de tubos arreglados en serie y en paralelo. Por el interior de ellos pasa el vapor a recalentar y por el exterior los gases de combustión.

ECONOMIZADOR.

Con objeto de aprovechar mejor el calor generado por los gases de combustión se instala en un generador de vapor un economizador. Este es un aparato que calienta el agua de alimentación de la caldera aprovechando el calor de los gases antes de salir por la chimenea.

PRECALENTADOR DE AIRE.

Consiste principalmente de tubos arreglados de forma tal que aprovechen los gases de combustión que salen por la chimenea para precalentar el aire que se inyecta a través del quemador.

El precalentador de aire se utiliza en generadores de vapor de gran capacidad (300 C.C en adelante) en conjunto con el economizador. En generadores de vapor de mediana capacidad (150 a 300 C.C.) se usa a veces el precalentador de aire en sustitución del economizador.

RECALENTADOR DE VAPOR.

Aparatos que sirven para calentar el vapor que ya ha trabajado en la turbina, en las plantas de vapor de gran capacidad encaminadas a generar energía eléctrica. Se acostumbra que el vapor se expanda parcialmente en la turbina, al hacerlo el vapor pierde presión y grados de sobrecalentamiento lo que produciría “cavitación” a los alabes de la turbina. Por ello se toma el vapor, y se vuelve a dirigir a la caldera con el objeto de recalentarlo y después regresarlo a los alabes de baja presión de la turbina.

Su construcción es muy parecida a la del sobrecalentador de vapor con la diferencia de que el recalentador recibe el calor por radiación y no por convección.

I.3.7.1 Técnica Didáctica: Exposición del profesor.

I.3.7.2 Material de Apoyo: Diapositivas

I.3.8 Actividades de Aprendizaje

Actividad de aprendizaje No. 1:

T-1 Cuestionario de generalidades

I.3.8.1 Instrucciones: Contestar correctamente las preguntas del cuestionario:

- a) Valor actividad: 5 Puntos
- b) Producto esperado: Documento que contenga Cuestionario y sus respuestas correctas
- c) Fecha inicio:
- d) Fecha entrega:
- e) Forma de entrega: Por separado, escrito a mano
- f) Tipo de actividad: Individual
- g) Fecha de retroalimentación:

I.3.8.2 Criterio de la evaluacion de la actividad T-1

Actividad	Actividad	Ponderación
Cuestionario	Responder un cuestionario	4.5 puntos
Uso de Reglas de presentación	Utilizar el formato para la elaboración de trabajos	0.5 puntos
	Total	5 puntos

I.3.8 Actividad de aprendizaje No. 2

T-2 INVESTIGAR CAPACIDAD DE PRODUCCION DE VAPOR DE UNA CALDERA:

I.3.8.1 Instrucciones: Investigar **CAPACIDAD DE PRODUCCION DE VAPOR DE UNA CALDERA:**

I.3.8.2 Criterio de evaluación de la actividad T-2

Actividad	Actividad	Ponderación
Investigación	Revisar e identificar CAPACIDAD DE PRODUCCION DE VAPOR DE UNA CALDERA	7 puntos
Compresión de los principios	Después de ejemplo de CAPACIDAD DE	2.5 puntos

	PRODUCCION DE VAPOR DE UNA CALDERA	
Uso de las reglas de presentación	Utilizar el formato para la elaboración de trabajos	0.5 puntos
	Total	10 puntos

I.3.9 Resultado del Aprendizaje:

APLICAR: Generalmente la eficiencia de una caldera depende de la superficie de calefacción y del diseño para aprovechar el calor generado por la combustión. Los accesorios que generalmente llevan las calderas son, manómetro, nivel de agua, regulador del agua de alimentación, válvulas de seguridad, tapones fusibles, purgadores, sopladores de hollín, indicadores de tiro y aparatos de control. A continuación se describirán algunos de estos accesorios.

I.3.10 Bibliografía:

Federico Ling Altamirano. Ing. Mecánico electricista, UNAM.

Revisión técnica: Fausto Díaz Rodríguez, UIA.

Catálogos de productos, Spirax Sarco Mexicana, S.A. de .C.V. Edición 1999.

Reglamento de seguridad e higiene. (Capitulo 200)

Generación de Vapor Sección, 201 al 238. Comisión Federal de electricidad.

Manual de calderas del ISSSTE. Hecho en 1998. Huejutla de Reyes Hidalgo.

Programa educativo

Unidad	4	Asignatura:	Sistemas de Combustión y Calderas
---------------	---	--------------------	-----------------------------------

Práctica N°:	4	Nombre de la practica:	Ajuste y Carburación de un Sistema de Combustión
---------------------	---	-------------------------------	--

Nombre Integrante(s):	
------------------------------	--

Introducción:	<p>Tal vez el proceso térmico de mayor interés práctico por su escala de utilización mundial, siendo a la vez muy fácil de realizar y muy difícil de estudiar, sea el proceso de reacción química exotérmica auto mantenida por conducción de calor y difusión de especies, conocido como combustión.</p>
----------------------	---

El proceso de combustión es el más importante en ingeniería porque todavía hoy, aunque tiende a disminuir (96% en 1975, 90% en 1985 y 40% en 1995), la mayor parte de la producción mundial de energía se hace por combustión de petróleo, carbón y gas natural.

La Carburación es el proceso de carburar; mezclar el aire atmosférico con los gases o vapores de los carburantes para hacerlos combustibles o detonantes. Este proceso, en la mecánica de automoción se realiza en la pieza denominada carburador y en las calderas se realiza en el corazón de la caldera que es el quemador.

Objetivo:	El alumno seleccionara el método de carburación y diagnosticara con base a los aparatos de medición los gases de combustión de un equipo y su estado de operación
------------------	---

4. Sistema eficiente para quemadores

4.1 Equipo NEXUS

Tradicionalmente, los quemadores usados en calderas industriales, comerciales y calentadores de aire operan con un sistema mecánico de levas y varillas. Este sistema ha sido usado por muchos años; si bien ha funcionado, existe un gran número de ineficiencias asociadas con él.

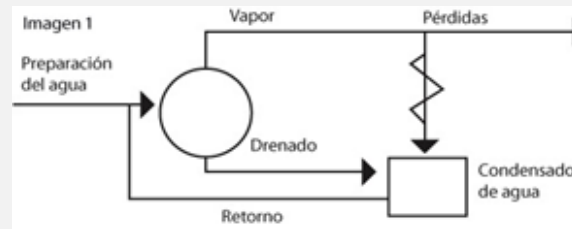


Figura 4.1. Sistema de generación de vapor

En fechas recientes, ha ido en aumento la consideración por el cuidado del medioambiente en todas sus formas, por lo que se busca un equilibrio en todos los ámbitos. Sin darnos cuenta, el equilibrio del nivel de oxígeno es algo asombroso: una persona puede estar por la mañana en la Ciudad de México y viajar a Monterrey, y sin ningún problema es capaz de respirar el mismo aire debido a que existe esta armonía en toda la Tierra, la cual debemos de cuidar.

En este sentido es que diversas compañías, dentro del ramo de la termodinámica, ponen gran énfasis en cuidar al medioambiente. Están a la vanguardia en equipos que dentro de los procesos industriales ayudan a cuidar el entorno y también ayudan a los empresarios a realizar los cambios dentro de sus empresas, al mismo tiempo que obtienen beneficios.

En México, existen miles de variedades de equipos para generar vapor y agua caliente; por lo que se busca que la caldera produzca vapor de manera más eficiente; es decir, que por cada volumen de gas se produzca la mayor cantidad de vapor (ver Figura 4.1).

Utilización de calderas:

- ✓ Procesos industriales (generar vapor)
- ✓ Cadenas hoteleras (generar agua caliente y vapor)
- ✓ Zonas turísticas (generar agua caliente y vapor)
- ✓ Hospitales (generar agua caliente y vapor)

Cabe señalar que la mayoría de las calderas en México no cuenta con un equipo que tenga:

- ✓ Un control de reducción de consumo de combustible
- ✓ Un control de forma automática y con monitoreo continuo
- ✓ Disminución de emisiones de gases contaminantes

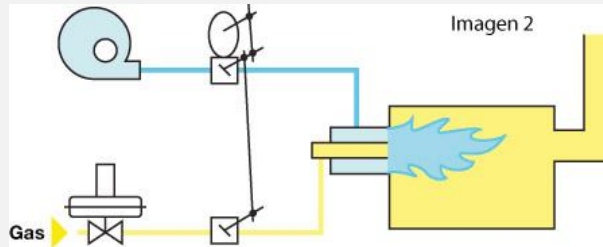


Figura 4.2. Sistema de control de varilla.

Es por ello que muchas calderas en México continúan con el sistema tradicional de control de varillaje, que consiste en un sistema que se encarga de controlar la potencia de la caldera a través del quemador, ya sea abriendo o cerrando las válvulas de aire y gas para hacer la flama del quemador más grande o más pequeña (ver Figura 4.2).

Algunos problemas relacionados con este tipo de quemadores es que se aflojan y se mueven. La industria de la combustión, durante años, ha estado esperando por una solución más efectiva para reducir el costo del ciclo de vida de los equipos y mejorar la eficiencia de combustión.

Adicional al problema del varillaje, se presenta el control de flujo de las válvulas de control de aire y gas, ya que pueden estar abiertas un porcentaje igual, pero por ser de diferente tamaño tienen distintos flujos. Esto, debido a que en la combustión se busca también el equilibrio. En gas natural, se tiene una relación de 10:1; esto quiere decir que para que la combustión sea idónea se necesita una parte de gas por 10 partes de aire.

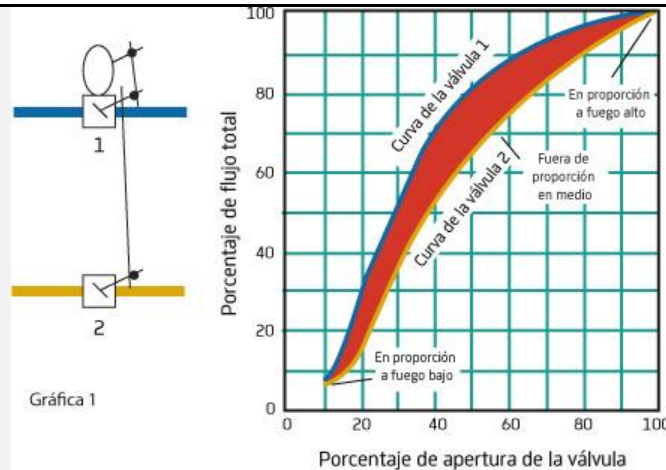


Figura 4.3. Grafica de porcentaje total contra apertura de valvula.

Con el sistema de varillaje, en una gran mayoría de puntos de ajuste de control de la caldera, se pierde la carburación de la caldera y comienza a consumir más gas y también a generar más contaminantes.

Control

El equipo Nexus (PPC 400) de Fireye realiza estas funciones; integrado con el equipo Burner Logix (control de seguridad de flama), realiza la tarea de producción de vapor de forma eficiente y segura.

El equipo controla la relación aire/combustible a través del monitoreo de los actuadores y del sensor de oxígeno, controlando también los flujos hacia el quemador para mantener la más óptima combustión, monitoreando en línea e indicando en el display el estatus actual del equipo.

1. Asegurar que se proporcione el flujo idóneo de combustible al quemador de manera precisa, tanto en fuego alto, como en fuego bajo y en todo el rango de operación.
2. Asegurarse de que las relaciones de aire-gas ya se ajustaron; mantenerlos así por periodos más largos, sin requerir constantes intervenciones de mantenimiento.

Operación

La calibración de la caldera con el equipo Nexus se realiza mediante la programación de los puntos de ajuste, los cuales se van grabando en el controlador paralelo, con lo que realiza en conjunto el análisis de gases en cada punto para que la combustión esté dentro de los parámetros que la norma permite.

Una vez que se ha configurado la curva del quemador/caldera, se puede hacer una revisión en tiempo real del sistema característico de operación y se puede corroborar con un analizador de gases.

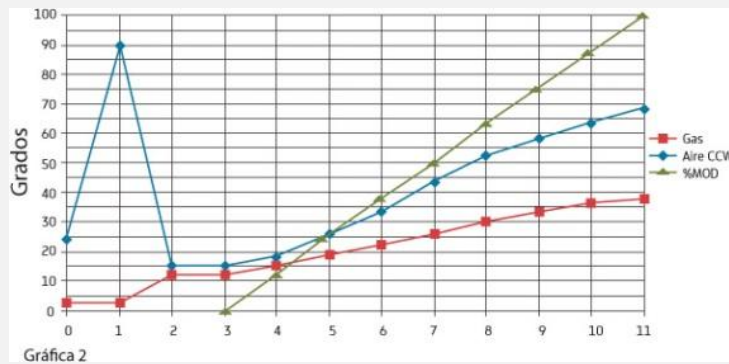


Figura 4.4. Grafica de grados de carburación

Posterior a la programación de todos los puntos, el equipo se pone a trabajar en modo automático, manteniendo a la caldera dentro de los parámetros permitidos de carburación. El equipo Nexus, con los puntos que fueron grados, realiza una interpolación lineal, izando la curva de operación de la caldera con una combustión dentro de los parámetros, los cuales pueden ser corroborados con el analizador de gases, con la caldera operando en modo automático sin ningún problema (ver Figura 4.4).

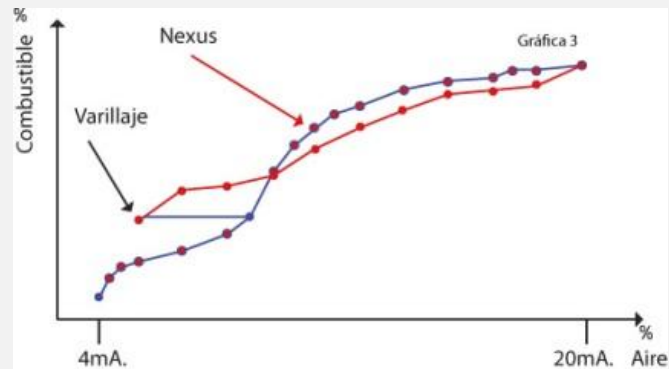


Figura 4.5. Relación de calibración

Servo motores

El equipo Nexus utiliza servo motores, los cuales se acoplan directamente a las válvulas de aire y otro a la de gas, eliminando así el varillaje que con el tiempo se afloja y desajusta la calibración de la caldera.

En la Figura 4.5 se puede apreciar que el equipo mantiene la relación de calibración de la cadera, a pesar de haber transcurrido un largo tiempo, dando una ventaja muy clara sobre el acoplamiento del varillaje

Esto es muy importante, ya que, si los puntos programados al momento de calibrar la caldera se mueven, habrá repercusiones en el análisis de gases que se le realiza a la caldera en la chimenea y también consumirá más combustible.

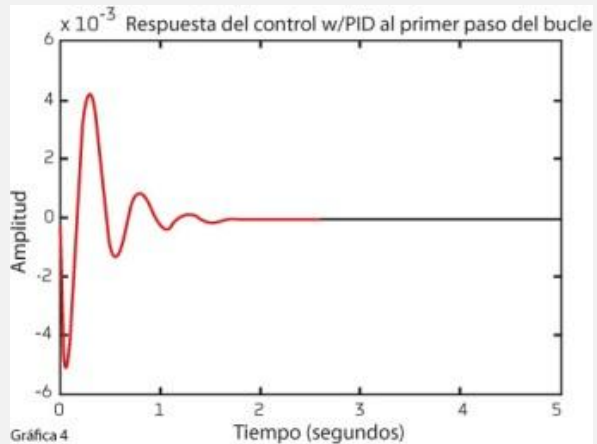


Figura 4.6. Amplitud contra tiempo.

Lazos de control

1. Lazo de control para el punto de operación del proceso. En este caso, si requiere 7 kilos de presión de vapor, el equipo proporciona la potencia necesaria a través del quemador con control PID.
2. Control simultáneo de las emisiones de gases. En este caso, se mantienen los niveles de O₂ en un valor menor de 5 por ciento y mayor de 2 por ciento en todo el rango de operación del quemador.

Sensor de oxígeno

Éste monitorea en tiempo real las emisiones de los gases; monitorea y realiza un micro-corrección dentro de la curva de operación de la caldera.



Figura 4.7. Sensor de oxígeno.

1. El sensor detecta cuando hay poco nivel de oxígeno en la chimenea

Cuando esto sucede es porque en la relación de aire/gas de la caldera, en este caso, el aire es muy poco y los niveles de CO (monóxido de carbono) tienden a ser mayores.

2. El detector censa que hay demasiado nivel de oxígeno en la chimenea



Figura 4.8. Oxígeno en chimenea.

Cuando esto sucede es porque en la relación aire/gas de la caldera, en este caso, el aire es demasiado y los niveles de O₂ (bióxido de oxígeno) tienden a ser mayores. El equipo Nexus mantiene estos parámetros bajo control.

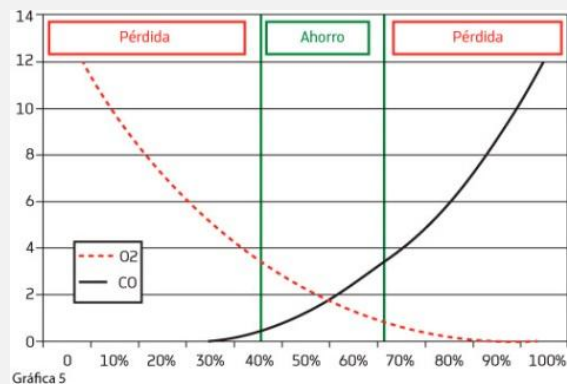


Figura 4.9. Graficas de CO y O₂

Controlador paralelo para todo tipo de calderas

- Control paralelo
- Ahorros reales de combustible
- Reducción y control de emisiones de CO y O₂

4.2 Sistema de Auto-Carburación

AUTO CARBURACIÓN con O₂-TRIM = AUMENTO DE EFICIENCIA = GENERACIÓN DE GRANDES AHORROS DE OPERACIÓN:

La entrada de aire para la combustión, varía con la temperatura del aire. El ventilador introduce una mayor cantidad de aire en bajas temperaturas, y una menor cantidad de aire en altas temperaturas (La densidad del aire cambia con la temperatura). Durante las 24 horas del día tenemos variaciones altas de temperatura.

Si un quemador es carburado a las 2 de la tarde, operará con un mayor exceso de aire en las mañanas frías, y por lo tanto con una menor eficiencia y con un mayor consumo de combustible. A su vez, tenemos altas variaciones de temperatura de aire debido a las estaciones del año. No es igual el aire a las 2 PM de un día soleado en verano, que el aire a las 2 PM de un día nublado en invierno.

El sistema de auto carburación electrónica por medio de un analizador de gases de combustión, checando el exceso de aire o porcentaje de O₂ en forma continua, nos permite operar con menores excesos de aire constantemente y a la vez corrige los excesos de aire que se generan por diferencias de temperatura del aire externo.

En forma constante y automática, siguiendo una curva ideal de porcentaje de O₂, opera siempre, auto carburándose en todo momento, con bajos excesos de aire, logrando considerables ahorros en la operación de la caldera.

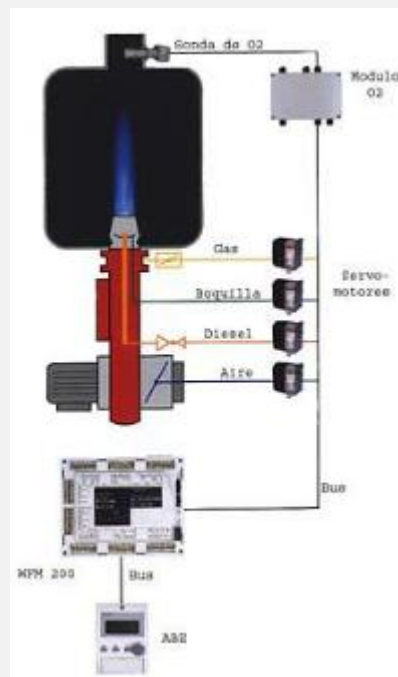


Figura 4.10. Sistema de auto carburación de O₂-Trim.

4.3 Fallas en Quemadores

Falla	Causa – Solución
<p>Quemador se bloquea con llama (lámpara roja encendida)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor de llama desconectado, sucio o descompuesto. Cambiar dispositivo. • Circuito sensor de llama interrumpido. Cambiar el dispositivo
<p>Quemador se bloquea sin llama, no parte (lámpara roja encendida)</p>	<p>Fallas Eléctricas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interrupción en el circuito de encendido. Controlar todo el dispositivo. • El cable del transformador de encendido se han secado con el tiempo. Cambia el cable. • El cable del transformador de encendido no está bien conectado. Sujete el cable. • Transformador de encendido malo. Cambiar el transformador • Válvulas solenoides no abren. Controlar la línea de alimentación de energía eléctrica y/o reemplazar válvula solenoide. <p><u>Fallas Mecánicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • La presión del gas no es normal. Calibrar o regular el quemador. • Exceso de aire de combustión elevado. Disminuir el aire de combustión (regular la combustión). • La punta del electrodo no está a la justa distancia. Ajustar el electrodo de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. • Paso de aire entre el disco difusor y tubo director demasiado ajustado. Corregir la posición del cabezal de combustión. • Tobera consumida. Cambiar la tobera. o Ventilador y/o toma de aire sucia. Limpiar. • Falta una fase del motor. Controlar la línea de alimentación de energía eléctrica. • Motor eléctrico ineficiente. Reparar o cambiar el motor eléctrico.

		<ul style="list-style-type: none"> • Motor (trifásico) gira en sentido contrario al indicado por la flecha. Invertir una fase en el interruptor de alimentación. • No llega gas al quemador. Abrir la válvula manual o desbloquear OPSO. Revisar filtro de gas
	El quemador no se pone en marcha	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de tensión debido a que el interruptor general está abierto o porque ha saltado el interruptor de máxima del contador, o falta de tensión en la línea. Cerrar los interruptores y esperar el retorno de la tensión. • La línea de los termostatos o presostatos no está hecha de acuerdo con los esquemas, o algún termostato o presostato se ha quedado abierto. Controlar conexiones y termostatos y/o presostatos. • Avería interna de alguno de los dispositivos de control de la caldera (termostatos, presostatos). Cambiar o reparar el dispositivo. • Presión del gas está fuera de rango de seteo de los presostatos de máxima y de mínima. Chequear la regulación de los presostatos de acuerdo al catálogo del quemador y la presión del gas en la línea • Falla en el controlador. Reemplazar.
	Bloqueos sucesivos de la llama en el encendido.	<ul style="list-style-type: none"> • La tubería del gas contiene aire. Erogar el aire de la tubería, con la mayor cautela y con puertas y ventanas abiertas. • Inestabilidad de la llama en la zona de ionización debida a la mala relación aire/gas. Corregir la relación aire/gas. • Incorrecta distribución aire/gas en el cabezal de combustión. Regular el cabezal de combustión. • La corriente de ionización es contrastada por la corriente de descarga del transformador de encendido. Invertir la alimentación (lado 220 volt) del transformador de encendido.

I.4.4.1 Técnica Didáctica: Exposición del profesor.

I.4.4.2 Material de Apoyo: Diapositivas y videos de equipos reales

I.4.5 Actividades de Aprendizaje

Actividad de aprendizaje No. 1:

T-1 Cuestionario de generalidades

I.4.5.1 Instrucciones: Contestar correctamente las preguntas del cuestionario:

- a) Valor actividad: 5 Puntos
- b) Producto esperado: Documento que contenga Cuestionario y sus respuestas correctas
- c) Fecha inicio:
- d) Fecha entrega:
- e) Forma de entrega: Por separado, escrito a mano
- f) Tipo de actividad: Individual
- g) Fecha de retroalimentación:

I.4.5.2 Criterio de evaluación de la actividad T-1

Actividad	Actividad	Ponderación
Cuestionario	Responder un cuestionario	4.5 puntos
Uso de Reglas de presentación	Utilizar el formato para la elaboración de trabajos	0.5 puntos
	Total	5 puntos

I.4.5 Actividad de aprendizaje No. 2

T-2 INVESTIGAR Los métodos de carburación de un sistema para garantizar su operación, así como la Normatividad aplicada (NOM-085-ECOL-1994, ISO 14 000)

I.4.5.2 Criterio de evaluación de la actividad T-2

Actividad	Actividad	Ponderación
Investigación	Revisar e identificar los métodos de carburación de un sistema de combustión	7 puntos
Compresión de los principios	Métodos de carburación, posibles fallas	2.5 puntos
Uso de las reglas de presentación	Utilizar el formato para la elaboración de trabajos	0.5 puntos
	Total	10 puntos

I.4.6 Resultado del Aprendizaje

APLICAR: los conceptos y los métodos de carburación en un sistema de combustión. Los tipos de carburación. Las fallas en los quemadores y su posible solución, así como la normatividad aplicada para la emisión de los gases a la atmosfera.

I.4.7 Bibliografía:

Federico Ling Altamirano. Ing. Mecánico electricista, UNAM.

Revisión técnica: Fausto Díaz Rodríguez, UIA.

Catálogos de productos, Spirax Sarco Mexicana, S.A. de .C.V. Edición 1999.

Reglamento de seguridad e higiene. (Capitulo 200)

Generación de Vapor Sección, 201 al 238. Comisión Federal de electricidad.

Manual de calderas del ISSSTE. Hecho en 1998. Huejutla de Reyes Hidalgo.

Comentarios: Actualmente en la universidad no se cuenta con un aparato Orsat para medir emisiones de gases, además de no contar con un quemador industrial.