

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE QUIMICA



LOS RIESGOS Y LAS MEDIDAS PREVENTIVAS EN  
EL MANEJO DE CALDERAS Y RECIPIENTES  
A PRESION SIN FUEGO

174

M O N O G R A F I A

QUE PARA OBTENER  
EL TITULO DE:  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A

GABRIEL ARTURO IBARRA RIOS

1 9 7 5



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CLAS. Tesis  
ADQ. 1975  
FECHA  
PROC. Mt. 168



QUIMICA

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA :

Presidente : Dr. RAMON VILCHIS ZIMBRON  
Vocal : Ing. ROBERTO ANDRADE CRUZ  
Secretario : Ing. JORGE MENCARINI PENICHE  
1er. Suplente : Ing. EDUARDO VERGARA CABRERA  
2do. Suplente : Ing. VIRGILIO GONZALEZ POZO

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA :  
FACULTAD DE QUIMICA  
PETROLEOS MEXICANOS  
SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL

Sustentante : GABRIEL ARTURO IBARRA RIOS

Asesor del Tema : Dr. RAMON VILCHIS ZIMBRON

CON CARINO Y AGRADECIMIENTO :

A MIS PADRES :

MIGUEL ANGEL IBARRA CORDOBA

Y

MARIA DEL REFUGIO RIOS DE IBARRA

A MIS HERMANOS :

MIGUEL

RICARDO

BLANCA

INDICE

## INDICE

	pág.
<u>INTRODUCCION.</u>	1
<u>CAPITULO 1</u> <u>CALDERAS:</u>	2
-1.1    Definición	2
-1.2    Instrumentos	2
1.3    Economizadores	2
1.4    Sobrecalentadores	3
1.5    Precalentadores de Aire	4
1.6    Cañón de Chimenea	4
1.7    Disposición del Equipo de Cenizas	6
-1.8    Poner la Caldera en Servicio	7
-1.9    Alimentación de Agua	9
1.10    Nivel de Agua	9
1.11    Tuberías y Válvulas de Descarga	13
1.12    Válvulas de Seguridad y Fusibles de Tapón	14
1.13    Indicadores de Vapor y de Agua	15
1.14    Sistemas de Distribución de Vapor	15
1.15    Caldera Fuera de Servicio	16
1.16    Falla de la Aspiración de la Bomba por Agotamiento de Petróleo en el Estanque	17
1.17    Averías en el Enladrillado del Fogón	17
1.18    Ventiladores	18
1.19    Emergencias en el Cuarto de Calderas	18
-1.20    Limpieza y Mantenimiento	24
1.21    Cuarto de Calderas	25
1.22    Inspección	29
1.23    Pruebas Hidrostáticas	31
<u>CAPITULO 2</u> <u>RECIPIENTES A PRESION NO SUJETOS A</u> <u>FUEGO DIRECTO:</u>	34
2.1    Definición	34
2.2    Diseño	34
2.3    Problemas por Corrosión y Erosión	36

2.4	Localización	38
2.5	Inspección y Entrada al Recipiente	38
2.6	Pruebas Hidrostáticas	43
2.7	Detección de Fallas	44
2.8	Entrenamiento del Operador y Supervisión	45
2.9	Artefactos de Seguridad	46
2.10	Válvulas de Seguridad	46
2.11	Discos de Ruptura	47
2.12	Rompedores de Vacío	47
2.13	Venteos	48
2.14	Válvulas Reguladoras	48
2.15	Recipientes con Chaqueta de Vapor	48
 <u>CAPITULO 3</u> <u>CONCLUSIONES</u>		 50
 <u>BIBLIOGRAFIA</u>		 53

## INTRODUCCION

## INTRODUCCION

El manejo de calderas y de recipientes que no estén sujetos a fuego directo, presenta muchos riesgos. Estos pueden causar, tanto accidentes leves como fatales, al personal que está operando estos equipos y aún también al que labora en otras áreas de la planta.

Muchos de los accidentes ocurren por alguna de las siguientes causas:

- a) A un mal diseño del equipo.
- b) A una incorrecta instalación del equipo.
- c) A una fabricación defectuosa del equipo.
- d) A métodos inadecuados de operación, mantenimiento e inspección.
- e) Falta de orden y limpieza, en el area donde se encuentran estos equipos.
- f) Irresponsabilidad de los operadores.
- g) A medidas inadecuadas de seguridad .

Muchas de las causas anteriores se pueden evitar, si se obedecen los códigos y las leyes de cada estado en lo referente a estos equipos. Existen diferentes códigos que se pueden utilizar, sin embargo, en el presente trabajo se hará referencia al Código ASME, por ser el que más se utiliza en México.

También será de gran ayuda para evitar los accidentes, el conocimiento por parte del personal, de la forma de operación de estos equipos, así como la ubicación de las diferentes conexiones y el funcionamiento de los dispositivos de seguridad con que están provistos.

En los siguientes capítulos, se exponen los riesgos y las medidas preventivas para el manejo de calderas y de recipientes a presión no sujetos a fuego directo.

CAPITULO 1  
CALDERAS

## CAPITULO 1 CALDERAS

1.1 Definición.- Las calderas son recipientes en los que el agua se calienta, por la combustión de un combustible, para formar vapor, agua caliente o agua a alta temperatura bajo presión.

Las calderas convierten la energía del combustible, en calor latente de vaporización.

1.2 Instrumentos.- La subsección C6 de la Sección VII del Código ASME, establece que en general una caldera debe incluir un tablero para medir y controlar, localizado en el piso de operación con el fin de que el operador pueda observar el fuego de la caldera y la columna de agua sin que tenga que alejarse del tablero. Si ésto no es posible, alguna otra persona deberá realizar un chequeo visual continuamente.

La regulación de la succión de aire y del que se suministra debe controlarse apropiadamente. Por lo que debe proveerse de un completo equipo de manómetros para guiar a los operadores y para indicar la pérdida de aire a través de las diferentes partes de la unidad, de tal forma que las acumulaciones de cenizas en los tubos puedan detectarse en las primeras etapas y removerse, antes de que vayan a causar problemas.

1.3 Economizadores.- Son una parte integral del sistema de intercambio de calor y constituyen la última etapa para utilizar todo el calor que sea posible. (El gas disipado de la combustión del combustible se usa para calentar el agua fría de alimentación.)

[Los economizadores de tubos de hierro colado y de acero deben equiparse, por lo menos, con una válvula de seguridad (se prefiere que sean dos).

Un accidente puede ocurrir cuando se obstruye un economizador y queda lleno de agua. Para evitar ésto, los economizadores deben tener sus propias válvulas. Cuando el economizador se va a llevar fuera de servicio, se debe drenar y dejarse abierta la válvula de retención de vapor. De esta manera si el gas de chimenea pasa porque hay fugas en el regulador de tiro de chimenea y el calor genera vapor, el economizador no fallará por sobrepresión. La válvula (s) de relieve debe ser lo suficientemente grande, como para desalojar todo el vapor que el economizador es capaz de producir cuando esté bajo una carga máxima.

Además el economizador debe equiparse con puertas de ventilación de tal manera que si los gases de chimenea se fugan hacia el economizador, puedan ventearse hacia la chimenea.

1.4 Sobrecalentadores.- Después de que el medio de transferencia de calor ( agua, vapor o cualquier otra sustancia) deja la caldera, puede elevar su temperatura si se pasa por un sobrecalentador.

Los sobrecalentadores deben construirse para soportar altas temperaturas y equiparse con válvulas de seguridad, como se especifica en el Código ASME. Deberán diseñarse de tal manera, que causen la más ligera reducción posible en la presión del medio de transferencia de calor.

Las válvulas y la tubería deben revestirse para incrementar la eficiencia y proteger al personal que está en contacto directo con estas superficies calientes.

El drene del sobrecalentador debe dejarse abierto hasta que circule a través de los tubos del sobrecalentador un flujo completo de vapor. Las instrucciones de operación que da el fabricante deben seguirse estrictamente, especialmente cuando se arranca y se para la unidad, ya que de no hacerse así, se dañará el equipo y además se le causarán accidentes al personal.

1.5 Precalentadores de Aire.- Con frecuencia el aire que entra es forzado a través de precalentadores de aire para intercambio de calor con los gases calientes de combustión.

Los dos tipos de precalentadores de combustión de aire son: el regenerativo y el recuperativo.

El tipo regenerativo emplea un conjunto de rejillas móviles, que giran como los rayos de una rueda en movimiento lento, aproximadamente a 4 rpm. El tipo recuperativo no tiene partes móviles; en ambos casos el aire fluye por fuera de los tubos, mientras que el gas va por dentro de los tubos.

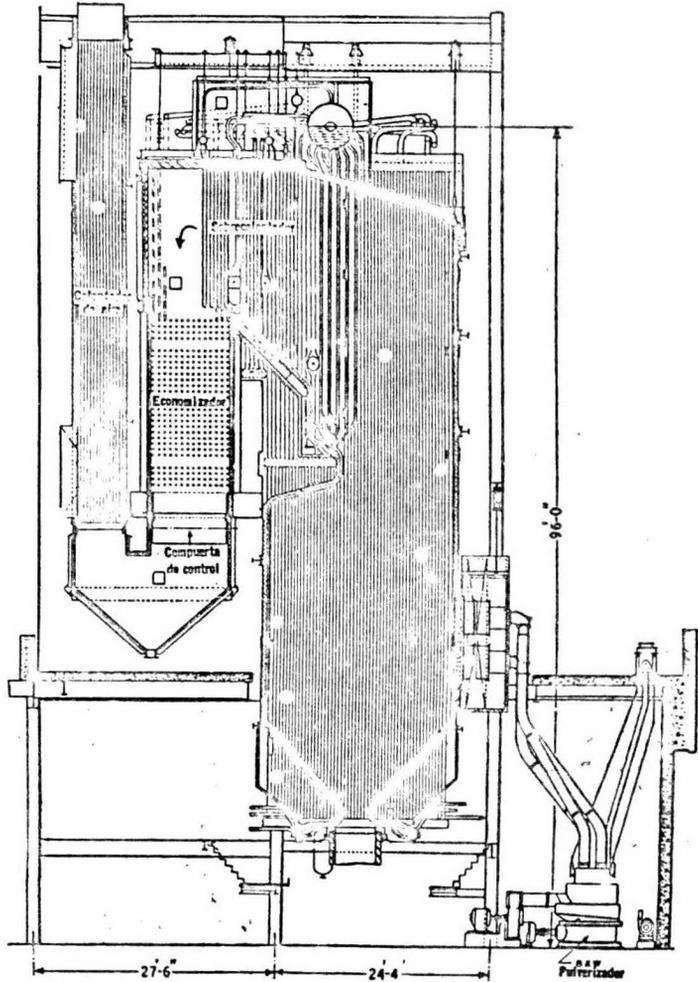
El incendio en un precalentador de aire puede ocurrir inmediatamente después de encender la caldera y durante períodos de operación de baja carga. Esta condición puede detectarse por una elevación rápida de la temperatura del calentador de aire.

Para prevenir los incendios, hay que mantener la combustión apropiada y utilizar los sopladores de hollín correctamente. No debe utilizarse el soplador de hollín cuando se sospeche que existe fuego en el conducto del gas, porque podría causarse una seria explosión.

1.6 Cañón de Chimenea.- Las chimeneas de más de 0.45m de diámetro están clasificadas como chimeneas industriales. La altura de una chimenea es importante para remover adecuadamente el producto de desperdicio. Muchas de las chimeneas industriales operan bajo corrientes forzadas de aire o inducidas.

Si las chimeneas no se sostienen por sí mismas, deberán sostenerse con estructuras sólidas. Excepto para cañones de chimenea de poco peso usadas con calderas pequeñas del tipo locomotora, las chimeneas deberán tener una base aparte que sea lo suficientemente fuerte para soportar su peso.

Cualquier escalera que se añada a la chimenea deberá ser de construcción permanente, bien afianzada a ella y protegida



Caldera Radiante para Generación de Potencia, para quemar carbón pulverizado. (Babcock and Wilcox Company).

da con anillos que la rodeen.

[Los ductos que transportan los gases calientes de la caldera a la chimenea, se llaman bragueros.] Si los operadores tienen que caminar sobre bragueros cerca de la parte superior de la caldera, se deberá de proporcionar un andador, ya que el braguero cuando la caldera está en operación, está caliente y además al deterioro que sufre por la acción del humo y del hollín del interior, puede caerse por el peso del operador.

1.7 Disposición del Equipo de Cenizas.— Cuando las cenizas se remueven con agua, vapor o aire inyectado, los depósitos deben tener respiraderos o puertas de explosión para relevar presiones que pudieran ocasionar explosiones. Cuando las cenizas se remueven por succión, las tolvas de almacén deberán tener también puertas de explosión.

En algunos sistemas, las cenizas se arrojan directamente de la cámara de combustión dentro de molinos que están justamente debajo del colector de cenizas. Después las cenizas se lavan o bombean a través de una compuerta hidráulica directamente hacia carros de ferrocarril o dentro de recibidores, de donde se remueven por medio de un cucharón, hacia el interior de carros de ferrocarril. En este punto de transferencia se deberán tener señales de precaución y deberá estar completamente resguardado.

Cuando las compuertas de cenizas se abran, debe tenerse mucho cuidado para evitar daños al personal por vapor o agua caliente que pudiera estar presente en ese momento.

Cuando hay un exceso de carbón en las fosas de cenizas y no están lo apropiadamente húmedas, puede resultar una explosión al abrirse las compuertas. Si las cenizas deben humedecerse utilizando una manguera, es importante que se rocíen desde el borde de la pila hacia el centro.

Las cenizas nunca deberán almacenarse enfrente de la caldera o de sustancias para ella, porque las cenizas contie-

nen compuestos de azufre que en contacto con el agua, forman ácidos altamente corrosivos.

### 1.8 Poner la Caldera en Servicio.-

Inspección.- Si la caldera es nueva o ha estado sin utilizar durante algún tiempo, o se hubo abierto para limpieza o reparación, es necesario checar:

- a) Que todas las tapas de registro estén cerradas y que todos los accesorios se encuentren colocados.
- b) Que la cámara de combustión y los pasajes para el gas, se encuentren limpios y bien cerrados.
- c) El combustible y el equipo de éste, las válvulas de descarga, la columna de agua, las llaves de nivel, las llaves para suministrar el agua y los controles de alimentación del agua, todo lo cual, deberá encontrarse en buenas condiciones de trabajo y cerrado.

Si la caldera no ha sido destapada.- Examinar cuidadosamente los asientos de las válvulas para que no tengan filtraciones cuando estén cerradas.

Abrir el cono atmosférico y hacer bajar el nivel de agua hasta que desaparezca en el nivel. En seguida cerrar la válvula de fondo. Abrir todas las purgas y válvulas que corresponden a la cámara de vapor. Abrir la válvula de alimentación y hacer subir el agua hasta que se vea en el nivel. Este procedimiento tiene por objeto probar las condiciones de la bomba de alimentación. Examinar los conos de purga y observar las condiciones de funcionamiento; en seguida dejarlos cerrados.

Abrir y cerrar la válvula de seguridad a mano y examinar su ajuste para que no tenga alguna materia extraña adherida al asiento. La válvula de seguridad debe siempre trabajar en perfectas condiciones.

Abrir el agua de alimentación y hacer subir el agua en la caldera más o menos 1.27 cm. sobre el nivel; lo que tiene por objeto observar las condiciones de funcionamiento de

la válvula. Probar la [válvula de vapor abriéndola y cerrándola. No apretar demasiado al cerrar la válvula, porque se apretará más cuando se caliente por efecto de la expansión o dilatación.

También para este caso, deberán checarsé todas las indicaciones señaladas para el caso anteriores.

Encendido.- Cuando se tienen muchos tipos de combustibles y diferentes sistemas de quemado, debe consultarse con los fabricantes del equipo.

Quando el combustible empleado sea carbón o leña, no deben utilizarse líquidos inflamables o sustancias que puedan causar explosiones o retrocesos de llamas. Las mismas normas se seguirán en las calderas donde se emplee petróleo o gases de desperdicios.

Como regla general, hay que evitar la operación de cualquier equipo de fuego a capacidad excesivamente baja, porque de otra manera, pueden resultar pérdidas por ignición, combustión incompleta y humo objeccionable. Por otra parte - el fuego en exceso puede dañar el equipo de fuego.

Antes de encender una caldera especialmente si se está - trabajando con gas, el fogonero deberá tener bastante cuidado, en ventilar completamente el fogón, a fin de desalojar los gases que pudieran haber quedado encerrados en el mismo, con lo que se evitará una explosión de gases con proyección del combustible por la puerta, lo que puede dañar - al fogonero y a la caldera.

Tratándose de calderas alimentadas por gas, el procedimiento para encenderlas será el siguiente: el fogonero provisto de una varrilla de hierro de 2.5 m. de largo, pondrá al extremo de ésta un poco de estopa a manera de mecha, la encenderá, introduciéndola al hogar y procederá a abrir la válvula de gas poco a poco hasta cerciorarse de que el combustible se ha encendido.

Para encender las calderas con carbón.- Se coloca el carbón sobre las parrillas, un poco retirado de la puerta del

fogón, formando un castillo de más o menos 7.6 cm a 10cm. - de alto. En el espacio que queda libre a la entrada del fogón se colocan pequeños trozos de madera para evitar el fuego. Al encender el fuego es preferible usar, en caso de que se pueda obtener, un poco de carbón encendido porque las - sustancias inflamables, como el aceite pueden ocasionar pequeñas explosiones o llamaradas hacia la puerta del fogón.

Antes de encender la caldera, el fogonero se cerciorará que ésta se encuentre llena de agua, hasta el nivel de trabajo y, como se mencionó anteriormente, se recorrerán todos los mecanismos para su funcionamiento.

Durante el calentamiento de la caldera, se probarán los niveles de agua y las llaves de prueba a medida que el nivel de agua suba por efecto de la expansión y se repetirá - esta operación hasta que se forme vapor.

Cuando la presión haya subido lo suficiente, se pondrá - especial atención para poner la caldera en servicio, calentando lentamente las cañerías y abriendo las purgas para botar el vapor condensado.

1.9 Alimentación de Agua.- El agua que se suministre a - una caldera ya sea como retorno de condensado o que provenga del exterior o de ambas fuentes, deberá estar disponible en la caldera en todo momento para poder satisfacer cualquier emergencia.

Cuando una caldera levante espuma, debe detenerse la producción de ésta, lo que se consigue suprimiendo la toma de vapor momentáneamente. Si la espuma es producida por la suciedad del agua, deberá purgarse la caldera y luego alimentarla con agua limpia. En caso de formación de espuma muy - abundante y que una vez suprimida se presente de nuevo, es preciso parar el fuego para lavar la caldera e investigar - cualquier otra causa de formación de espuma.

1.10 Nivel de Agua.- Existen dos medios de comprobar el nivel de agua en una caldera:

- a) Por el tubo nivel de agua.
- b) Por las llaves de prueba.

El Tubo Nivel de Agua.- Si por cualquier circunstancia - estuvieran total o parcialmente tapadas algunas de las cañerías de vapor o de agua que comunican con el tubo de nivel de la caldera, el nivel observado en el tubo no indicará el verdadero nivel del agua en la caldera, por lo cual se debe establecer la práctica de probar el nivel. Para hacerlo se cierra la llave de la cañería de agua, se abre la llave de la cañería de vapor y se descarga al piso por la purga, probando así la cañería de vapor.

Para probar la cañería de agua, se cierra la llave de vapor y se abre la llave de agua, descargándose al piso por la purga. Esta operación debe efectuarse, por lo menos una vez cada media hora.

Llaves de Prueba.- Para cerciorarse de que el nivel de agua que se observa en la caldera es realmente el mismo que muestra el tubo nivel, se usan las llaves de prueba. Siempre que el agua se pierda en el nivel, se usarán de inmediato las llaves de prueba para determinar aproximadamente el nivel de agua en la caldera.

El Agua Bajo el Nivel.- El hecho de perderse el agua en el nivel, debe considerarse como un peligro grave en el funcionamiento de una caldera. Generalmente se produce esta anomalía por falta de atención del encargado o por la diversidad de obligaciones que tiene que atender. Por otra parte, estando encendido el fogón, que es una gran fuente de calor y no teniendo la caldera el agua suficiente para absorber este calor, existe el riesgo de que se produzcan accidentes graves que pueden llegar hasta la explosión.

Si el nivel de agua baja hasta tal punto que deja descubierta una parte de los tubos, ocurre que la superficie sumergida de calentamiento se reduce considerablemente, sin que se alteren las demás condiciones, notándose solamente -

que la presión baja.

Generalmente la presión baja con el aumento de consumo - de vapor, en cuyo caso la tendencia natural del personal es activar los fuegos para hacerla subir. Pero si la caída de presión se debe a la baja del nivel de agua y se activa la combustión, existe el peligro de ocasionar grandes daños a la caldera y posiblemente daños personales. Siempre que la presión baje, debe tenerse presente que una de las causas - que puede ocasionar esta anomalía, es el nivel de agua - demasiado bajo y para cerciorarse debe probarse el nivel y las llaves de prueba.

Modo de Proceder Cuando se Baja el Nivel de Agua.- Cuando el agua en la caldera baja hasta perderse en el nivel y también en las llaves de prueba, se procederá inmediatamente de acuerdo con las siguientes instrucciones:

- a) No se echará más carbón a los fuegos.
- b) Se cerrarán todas las entradas de aire a la caldera, las puertas de los ceniceros, la válvula de tiraje y todos los medios mecánicos para producir tiraje.
- c) Si el aprovisionamiento de carbón a la caldera se hace a mano. abrir la puerta del fogón y cubrir los fuegos con una gruesa capa de ceniza mojada o de carbón crudo.
- d) No alimentar la caldera.- La presión debe bajar sin experimentar cambios bruscos.
- e) Si el carbón empieza a encenderse, cerrar la puerta del cenicero y las tapas del registro del tiraje.
- f) Verificar que todas las entradas de aire al fogón estén cerradas.
- g) Si la caldera está en un recinto cerrado, en el que exista ventilador, se le mantendrá parado y se evitará toda corriente de aire.

No debe intentarse restablecer el nivel de agua abriendo la alimentación a la caldera, por las razones que ya se han dado. Una vez que los fuegos se hayan apagado y la caldera

esté fría, se dejará fuera de servicio para inspeccionarla cuidadosamente y determinar las causas que originaron la falta de agua.

Regulación del Nivel de Agua.- Para regular el agua de alimentación de algunos tipos de calderas, se usan dos válvulas: una de retención y la otra de comunicación. Esta última está situada entre la caldera y la válvula de retención próxima a la caldera y se usa especialmente para cerrar la alimentación en casos de emergencia. Deberá mantenerse siempre en perfectas condiciones de funcionamiento.

Mientras se esté elevando la presión, la válvula de comunicación deberá permanecer abierta, salvo el caso de que la válvula de retención se filtre o que la regulación del agua de alimentación a la caldera no funcione correctamente.

En caso de que la caldera esté dotada de regulador de alimentación, se debe mantener en buenas condiciones de funcionamiento para que permanezca siempre en uso, estando la caldera en servicio.

Cuando una caldera está en servicio y tiene consumo de vapor, la válvula de alimentación no debe permanecer nunca completamente cerrada. Si se nota alguna falla en el funcionamiento de la bomba de alimentación, debe remediarse en el acto para evitar la falta de agua en la caldera.

Las calderas que usan las grandes plantas industriales son generalmente diseñadas para que el nivel de trabajo que de más o menos al centro del tubo. Sin embargo como existen muchas excepciones a esta disposición, es preferible indicar el nivel de trabajo, marcándolo en el mismo nivel.

El nivel de trabajo en los diferentes tipos de calderas, debe fijarse de acuerdo con los siguientes principios generales:

a) En las calderas tubulares, es decir, en las que tienen el agua por el exterior de los tubos, el nivel de trabajo debe estar de 20.5 cm. a 30.5 cm. sobre la cámara de combustión, dependiendo esta altura del tamaño de la caldera.

b) En las calderas multitubulares o tubos de agua, en las que el agua circula por el interior de los tubos, el nivel de trabajo debe quedar un poco más abajo de los tubos generadores que se mantengan libres de agua.

Esto asegura el libre paso del vapor de los tubos a la cámara de vapor.

c) En las calderas multitubulares pequeñas, el nivel de trabajo debe quedar más o menos a 5 cm. sobre la corrida de tubos más alta. Se debe tener especial cuidado en mantener este nivel, porque si baja, se corre el riesgo de que los tubos reduzcan su eficiencia por la falta de circulación de agua y se puedan ocasionar daños cuantiosos de reparar.

Cuando por cualquier circunstancia se para una máquina que consume una gran cantidad de vapor, suele observarse un descenso rápido del nivel. Este fenómeno se produce por el brusco aumento de presión en la caldera.

El personal deberá adquirir la instrucción suficiente para actuar con acierto cuando se presente esta circunstancia.

1.11 Tuberías y Válvulas de Descarga. - Se utilizan para remover lodo y otras impurezas en una caldera. Si no se removieran, impedirían seriamente la eficiencia y la seguridad de la caldera. Al no extraerlas, se depositan en la superficie de calentamiento formando una capa aisladora, lo que expone a un sobrecalentamiento en la caldera, ocasionando deformaciones.

Toda la tubería y válvulas de operación y de descarga, deberán ajustarse al Código ASME, Sección I.

La tubería de descarga y el drene de las calderas deberá dirigirse hacia un lugar de descarga que no presente peligro para los operadores u otro personal.

Cuando se descarga una caldera el operador deberá poner toda su atención en esta labor y no distraerse en otra ope

ración. Para hacer una extracción de fondo, la válvula debe abrirse lentamente al principio y después rápidamente. El operador debe observar el nivel de agua para determinar cuando debe parar la descarga, si no puede ver el indicador deberá tener un ayudante para que observe y le dé la señal. Realizada la extracción, la válvula deberá cerrarse lentamente.

Es muy importante que la maniobra para efectuar la extracción de fondo se haga lentamente, para evitar esfuerzos violentos en la cañería y accesorios que pueden romperse, ocasionando daños materiales.

Debe tenerse especial cuidado de que estas válvulas queden cerradas y se mantengan lo suficientemente apretadas para evitar filtraciones después de que han funcionado. Al efectuar una extracción de fondo, nunca debe permitirse que el agua en la caldera, baje tanto que desaparezca del nivel.

1.12 Válvulas de Seguridad y Fusibles de Tapón.- La selección, fabricación, instalación, pruebas y reemplazamiento de las válvulas de seguridad y fusibles deberá estar de acuerdo al Código ASME o a cualquier otro código aplicable.

Las válvulas de seguridad deben mantenerse en buen estado de operación y deben chequearse por personal calificado, de acuerdo con las recomendaciones de la compañía de seguros.

El tipo de válvula de seguridad que se instala atornillando el cuerpo, deben evitarse, porque las personas encargadas de instalarlas, las aprietan demasiado.

Los operadores de calderas deberán ser adiestrados para checar los controles de seguridad, de preferencia una vez por semana, o si no, una vez al mes. Con frecuencia se utiliza una lista de chequeo y se llena una forma, que se envía al gerente o al dueño.

La prueba de las válvulas de seguridad, se deberá realizar siempre que se le haga servicio a la caldera.

Si las calderas se mantienen en continua operación por varios meses, puede ser deseable, dependiendo de las condiciones de la caldera elevar la presión en intervalos durante la operación, para probar la válvula de seguridad.

Las válvulas de seguridad para calentadores de agua, difieren de aquellas utilizadas en calderas que perciben temperaturas excesivas, así como sobrepresiones.

Los fusibles de tapón se diseñan para relevar presión y para indicar ciertas condiciones que contribuyen a que exista poca altura de agua.

Las tuberías de descarga, son tuberías de escape individual diseñadas para llevar lejos la descarga de cada válvula de seguridad. Estas tuberías deben tener soportes para evitar cualquier esfuerzo sobre la válvula de seguridad y no deben conectarse rígidamente a la válvula.

Si los operadores no pueden oír la descarga de una válvula, deberá instalarse un arreglo de advertencia. Las tuberías de escape, deberán tener una descarga sin obstrucción no mayor de dos vueltas de 45 grados y llegar a un sitio donde no dañe a los operadores ni al equipo.

1.13 Indicadores de Vapor y de Agua.- Los manómetros señalan la presión del vapor generado. Todos los manómetros deben graduarse al doble de la presión de operación (preferentemente) pero en ningún caso menor a 1,2 veces la presión a la que el accesorio de relevo vaya a funcionar.

1.14 Sistemas de Distribución de Vapor.- Un gran número de accidentes puede prevenirse instalando líneas de vapor lo suficientemente bien como para reducir el trabajo de mantenimiento sobre ellas. El ASI Código Estándar para Tubería a Presión, B31, (a) prescribe los requerimientos mínimos para diseño, materiales, fabricación, erección, prueba e inspección de varios sistemas de tuberías y b) trata la expansión, flexibilidad y soporte de las líneas.

Hoy en día se utilizan muchas juntas de expansión, para

proteger al equipo de expansión termica y de vibración. Existen dos tipos: una tiene una junta empacada dislocada y la otra tiene un fuelle o sección corrugada que se flexiona cuando la tubería se expande o contrae.

La experiencia ha demostrado que las juntas empacadas, son difíciles de mantener en líneas de alta presión y también que las juntas corrugadas de expansión, están sujetas a corrosión, por lo que deben de hacerse de materiales resistentes a la corrosión.

Las trampas de vapor con frecuencia necesitan reemplazarse a menos que se construyan de materiales muy resistentes a la corrosión. Las trampas más comunes para un buen servicio son las de tipo de cubo invertido y aquellas similares a las de tipo termodinámico. Estas últimas resisten también al congelamiento que es una causa común de falla.

Para evitar los accidentes, las válvulas y demás controles de operación de las calderas deben ser fácilmente alcanzables.

Si es necesario abrir las líneas, el personal de mantenimiento deberá suponer siempre que las líneas están con carga y bajo presión. Un supervisor que esté completamente familiarizado con el sistema deberá certificar que la línea que se abre es la apropiada y que todos los pasos posibles para drenar y desfogar la línea se han seguido.

Los tubos conductores de agua caliente o vapor de agua, deberán ocultarse en trayectos subterráncos o intramuros; en último caso deberán estar recubiertos por material mal conductor del calor e incombustible, por ejemplo, asbesto blanco para que contraste. Cuando la tubería de distribución va por arriba del nivel del piso, podrá ir sobre soportes de acero estructural o de concreto reforzado.

1.15 Caldera Fuera de Servicio.- En una caldera mecánica, el fuego puede extinguirse rápidamente suprimiendo la entrada de combustible. El fuego en una caldera manual deberá extinguirse lentamente. Los hornos no deberán abrirse hasta -

que el medio ambiente se haya enfriado hasta cerca de la temperatura ambiente, lo mismo es para la temperatura de la caldera.

Para llevar la caldera fuera de servicio desde una batería, permita que la presión del vapor baje naturalmente hasta que se cierre la válvula de no retorno y pueda cerrarse después la válvula de paro.

Donde se instalan dos válvulas de paro o una de paro y una de no retorno, el drene entre las dos debe abrirse, para permitir que el condensado salga a la línea.

Es aconsejable limpiar los tubos mientras se enfría la caldera, para remover todo el hollín que sea posible, a través del cañón de la chimenea o colectores. No es aconsejable vaciar el agua de la caldera mientras ésta contenga vapor a presión.

Deje que el medio circundante se enfríe hasta que la presión de la caldera, esté ligeramente arriba de la atmosférica, luego abra el venteo para impedir la formación de vacío. Cuando la temperatura del gas esté abajo de 200°F (93°C), se podrá desocupar la caldera.

1.16 Falla de la Aspiración de la Bomba por Agotamiento de Petróleo en el Estanque.- Cuando el nivel de petróleo en el estanque de alimentación baja hasta el canastillo de aspiración de la cañería, llega a los quemadores una mezcla de aire y petróleo, ocasionando un chisporroteo en el fogón. Cuando se note esta anomalía, se cambiará inmediatamente la aspiración a otro tanque.

1.17 Averías en el Enladrillado del Fogón.- Si se producen averías en el enladrillado de un fogón u otros accidentes por el estilo, la caldera debe ponerse fuera de servicio y si por alguna circunstancia debe continuar en servicio, se disminuirá la intensidad de la combustión en la parte averiada. Si la caldera quema petróleo, los quemadores próximos al sitio dañado deben ponerse fuera de servicio.

Estas precauciones reducirán las posibilidades de dañar la envoltura de la caldera.

1.18 Ventiladores.— Los ventiladores no deben funcionar nunca a una velocidad tan excesiva que alcancen la velocidad máxima para la cual se han diseñado. Los reguladores de velocidad no deben desconectarse para dejarlos fuera de servicio; por el contrario se mantendrán siempre en uso y la válvula se probará a una presión adecuada, de modo que siempre se encuentre en buenas condiciones de funcionamiento.

Antes de poner en marcha un ventilador, inspeccione la máquina para que esté libre de materias extrañas. Las piezas giratorias no deben pintarse. La máquina y el motor deben tener un balanceamiento apropiado y el depósito de aceite debe estar siempre lleno con aceite limpio.

Se purgarán las cañerías antes de ponerlo en marcha para evitar los golpes de agua y la válvula se abrirá lentamente. El regulador de la velocidad se probará antes de poner el ventilador en servicio.

Nunca se cerrará la toma de aire de un ventilador de tiraje forzado mientras esté funcionando, porque al hacerlo se le quita al ventilador la carga, lo que lo hace irse en banda, disminuyendo la presión y corriendo el riesgo de que se produzcan en las puertas del fogón llamas de retorno que pueden dañar al personal.

1.19 Emergencias en el Cuarto de Calderas.— Muchos de los accidentes se han examinado, de tal forma que las necesidades preventivas se conocen con exactitud. Los profesionales en seguridad deben conocer los procedimientos en el cuarto de calderas, para estar seguros de que las unidades tienen toda la protección necesaria.

Se deben de poner reglas permanentes y legibles en el cuarto de calderas, en las que se indique la forma en que deben operarse las calderas cuando se trate de rutina y pa

ra el caso en que se presente una emergencia.

Los fabricantes pueden suministrar las reglas aplicables a su equipo. Además los operadores y sus substitutos deben tener copias de esas reglas para guiarse.

El personal de supervisión debe asegurarse de que los operadores de las calderas conocen las reglas y de que son capaces de ejecutar las operaciones necesarias en caso de emergencia.

En muchas plantas, solamente se emplea un operador para la caldera, sin embargo puede enfermar o lastimarse y entonces podría ocurrir algún accidente grave.

En las plantas donde el cuarto de calderas esté aislado y esté operado por un solo hombre, se recomienda llamarle - en intervalos de media hora para asegurarse de que todo marcha bien.

Por esta razón debe tenerse a alguna persona de más, ya sea un capataz o cualquier otro sustituto.

A un operador sustituto se le debe enseñar como opera: la válvula de seguridad, la columna de agua, los aparatos de alimentación de agua, el suministro de combustible y el encendido. Deberá conocer la forma de checar el nivel de agua en la caldera y como hacer andar o parar la alimentación de agua.

Procedimiento para Evitar Accidentes en Caso de Grandes Escapes de Vapor.- Los grandes escapes de vapor en una caldera son ocasionados por la repentina ruptura de uno o varios tubos. Para prevenir al personal de accidentes y evitar daños materiales en la instalación, se recomienda siempre que las circunstancias lo permitan, proceder de acuerdo con las siguientes recomendaciones:

- a) Incomunicar la caldera inmediatamente que se produzca el escape.
- b) Abrir poco a poco la válvula de seguridad para reducir lentamente la presión.
- c) Si la caldera es a carbón y está dotada de extinguidor,

útese para apagar los fuegos. Si la combustión es con petróleo, cerrar la válvula que alimenta los quemadores.

d) Cerrar las puertas del fogón, cenicero y tiraje. (Las puertas del fogón deben ser de seguridad del tipo que se abre hacia dentro).

e) Si es necesario, hacer funcionar el ventilador o ponerlo a mayor velocidad, para que el vapor salga por la parte superior.

f) Para evitar un sobrecalentamiento de los tubos, poner la bomba de alimentación a mayor velocidad hasta que el fuego se haya extinguido.

g) Cuando la presión del vapor se haya reducido en la caldera a menos de  $3.5 \text{ Kg/cm}^2$  ( $50 \text{ lb/in}^2$ ), botar los fuegos.

h) Deben taparse todas las aberturas que den paso de aire al fogón y si fuere necesario, para el ventilador, para que la caldera se enfríe lentamente.

Se tendrá presente que el vapor se acumula rápidamente en la parte superior, formando un ambiente sofocante. Los operarios no deberán pues, subir a la parte superior ni permanecer en esos sitios. Si el cuarto está lleno de vapor, el personal deberá andar a gatas o encorvado para evitar los efectos del vapor.

#### Manera de Evitar Incendios en los Cuartos de Calderas.-

Se deberá tener mucho cuidado para evitar incendios en los cuartos de calderas. Este riesgo es permanente y puede presentarse por la ignición de gases explosivos, por combustión espontánea, etc.

No debe permitirse que se acumule el aceite en el cuarto de calderas porque pueden producirse incendios al contacto con cigarrillos o colillas encendidas.

Tampoco se permitirá que se acumule petróleo en el fogón porque se forman gases explosivos que pueden ocasionar una violenta explosión al encender los quemadores o al recibir el calor del enladrillado caliente.

Las cañerías de petróleo deben inspeccionarse con frecuencia para evitar filtraciones. Las juntas deben estar lo suficientemente apretadas para que ofrezcan completa seguridad; cualquier filtración que se descubra será reparada inmediatamente. Deben colocarse bandejas debajo de las bombas y de las cañerías de los quemadores para recibir la filtración que se produzca; bandejas que se inspeccionarán frecuentemente para descubrir las fallas.

Las luces desnudas, tales como lámparas de aceites, velas, fósforos, etc., no se usarán nunca donde se emplee el petróleo como combustible. Antes de encender un quemador o de volver a encenderlo cuando se ha extinguido el fuego de todos los atomizadores, debe echarse a través del fogón un chorro de aire comprimido a fin de remover todos los gases inflamables, evitando así una posible explosión.

La temperatura del petróleo no se elevará nunca hasta las proximidades del punto de inflamación, en ninguna parte del sistema, excepto en el atomizador. Es conveniente que al adquirir el petróleo se exija el dato del punto de inflamación porque esto ayudará al ingeniero a tomar determinaciones con respecto a la temperatura conveniente.

La inflamación de la chimenea puede evitarse aumentando la velocidad del ventilador o abriendo la válvula del registro.

Los desechos de algodón o trapos impregnados de petróleo o grasas no dejarse sobre el piso, ni arrojarse a los rincones, por las posibilidades de incendio por combustión espontánea. Estos desechos deben colocarse en recipientes de metal, con tapas abisagradas y que se cierren automáticamente.

Cuando se usen lámparas eléctricas portátiles se inspeccionarán frecuente y cuidadosamente. Las lámparas de estos equipos estarán provistas de defensas y el aislamiento de los conductores, debe estar en buenas condiciones en todas sus partes, para evitar toques eléctricos o quemaduras.

En las calderas que queman petróleo las vibraciones se -

producen generalmente por insuficiencia de aire. Esto puede evitarse apagando un quemador o aumentando la velocidad del ventilador.

En el caso de que los extinguidores químicos estén dotados de manguera para su funcionamiento, se tendrá especial cuidado en que la manguera tenga la longitud necesaria, para que le permita alcanzar cualquier parte del cuarto de calderas. Si el equipo de extinguidores corresponde a los de tipo fijo, deben estar distribuidos de modo que proporcionen protección a todo el espacio requerido. Todos estos equipos deben estar listos para su uso inmediato y se les inspeccionará con frecuencia en todas sus partes, para cerciorarse de que estén en buenas condiciones en el momento en que se les necesite.

Si se produjera un incendio, se cerrarán inmediatamente la válvula principal de petróleo y las válvulas de los atomizadores y se parará el ventilador. Se parará también la bomba de petróleo y se usarán los extinguidores en la dirección del fuego. En caso de que los extinguidores sean del tipo fijo, deben poseer dispositivos para ser manejados desde el exterior del cuarto de calderas. Además deben manejarse desde fuera la válvula del ventilador y las válvulas del petróleo.

En un incendio de petróleo no se usará nunca agua, sino que en casos extremos y como último recurso; pero entonces se empleará en gran volúmen y a alta presión. El no cumplimiento de estas recomendaciones, expone a que se propague el fuego por una extensa área. Deberá tenerse especial atención con los métodos que se recomiendan para extinguir los incendios que pueden ocurrir. La arena ha dado excelentes resultados donde se usa petróleo como combustible, pero debe tenerse mucho cuidado para mantenerla en las proximidades de las máquinas, por los perjuicios que pueda ocasionar.

No debe ponerse en servicio un estanque de petróleo en el que se haya almacenado una gran cantidad de agua. El a -

agua apagará los quemadores inundando de petróleo el fogón, con lo cual se aumentarán las probabilidades de que se produzcan explosiones o llamaradas por la puerta del fogón. La presencia de agua en el petróleo se nota por los chisporroteos de los atomizadores. Se deben inspeccionar los tanques de petróleo y también la instalación, especialmente los calentadores de petróleo, cuyos serpentines, por los cuales pasa el vapor de calentamiento, pueden tener filtraciones.

Llamaradas de Retorno, Causas y Modo de Prevenir las.-

Las llamaradas de retorno son ocasionadas por la explosión de una mezcla de vapores de petróleo y de aire en el fogón. Estas explosiones pueden ocasionar serios accidentes al personal y daños considerables en el material. Generalmente se producen cuando se encienden los atomizadores. Se deben seguir las siguientes precauciones para prevenir las llamaradas de retorno:

- a) No permitir la acumulación de petróleo en la parte baja del fogón.
- b) No encender los atomizadores hasta que el fogón no haya sido bien ventilado. Esto puede realizarse haciendo pasar por el fogón una corriente de aire o haciendo funcionar el ventilador por algunos minutos.
- c) Antes de encender el quemador, ver que el ventilador esté caliente, listo para ponerlo en marcha y hacerlo funcionar lentamente antes de encender.
- d) La llave de control del atomizador o su válvula deben mantenerse siempre apretadas con el objeto de evitar de petróleo en el fogón.
- e) Cuando un atomizador se apague accidentalmente, cerrar siempre la válvula del atomizador y ventilar el fogón con una corriente de aire o de vapor.
- f) Para encender nuevamente un atomizador que se ha apagado debe usarse una antorcha, colocándose el operador a un lado de la tapa registro para protegerse en caso de producirse -

una llama de retorno.

En caso de que se produzca una llama de retorno, cerrar la válvula principal de abastecimiento de combustible y todas las válvulas de los atomizadores. Si el ventilador está funcionando, aumentar la velocidad, pero esto no podrá hacerse si se ha alcanzado a producir un incendio en el cuarto de calderas. En este caso, será más prudente estudiar la conveniencia de dejarlo funcionando o pararlo inmediatamente de acuerdo con las necesidades del momento. Además verificar que las puertas de los coniceros estén cerradas y que la bomba de petróleo haya sido parada.

1.20 Limpieza y Mantenimiento.- Siempre que una caldera se lleva fuera de servicio por un período prolongado, deberá limpiarse con prontitud e inspeccionarse para buscar defectos, por el ingeniero de la planta.

Los inspectores autorizados de calderas, pueden también inspeccionar la caldera durante este tiempo.

El hollín húmedo se recolecta rápidamente y contribuye a la deterioración del metal. Por lo que el hollín y las cenizas deben removerse tan pronto como la caldera se enfríe.

Cuando se tienen calderas en servicio continuo, se requiere que se inspeccionen cuando menos una vez por año. La inspección la realizará un inspector autorizado. Las partes que resultan defectuosas deberán reemplazarse o repararse.

Las etapas de paro deberán seguir un programa de mantenimiento y las etapas que se quieran hacer fuera del programa deberán planearse cuidadosamente, para que se obtenga una mínima interrupción en la producción. Para la fecha señalada para que vaya el inspector, deberá haberse preparado la caldera. La caldera debe enfriarse lo suficiente para que el inspector no precipite su trabajo y limpiarse bien para que las partes metálicas puedan examinarse por corrosión, deformaciones, rupturas y otros defectos. Las partes internas tendrán que tener fácil acceso para que se realice un

examen completo. Los registros de hombre y de mano deberán estar abiertos y la caldera bien ventilada.

Precauciones a la Entrada de la Caldera y del Horno.- Estas precauciones incluyen: ventilación, equipo y protección adecuada. Para estar seguros de que no hay gases inflamables o tóxicos, se checa la atmósfera con un instrumento de prueba, antes de que entre alguna persona. Esto es especialmente importante, porque bajo ciertas circunstancias, cuando más de una [caldera está conectada a una chimenea, los gases de chimenea pueden regresar a la caldera desde otras calderas]. Para poder realizar la limpieza se necesita que las entradas sean buenas y que las líneas que están interconectadas entre las calderas estén bien selladas en ambas terminales.

El personal que baje a las carboneras debe estar equipado con cinturones de seguridad y cuerdas salvavidas, de tal forma que la persona pueda ser rescatada en caso de que sea aplastada por un derrumbe de carbón o que haya sido víctima de alguna asfixia.

Como precaución a toques eléctricos, muchas firmas permiten solamente lámparas de 6 a 12 volts dentro de una caldera. Estas se conectan a pequeños transformadores portátiles que se encuentran fuera de la caldera. Las lámparas de baterías constituyen una alternativa de seguridad.

Para la limpieza de la caldera, los trabajadores deben emplear también, sombreros de seguridad, anteojos, mascarillas para no respirar polvo, guantes y zapatos de seguridad.

1.21 Cuarto de Calderas.- Toda caldera debe poseer un sitio exclusivo y aislado dentro de la fábrica, lejos del tránsito normal de los trabajadores cuando salen o entran al trabajo.

Las paredes, pisos y techos del cuarto de calderas, deben construirse con material incombustible. Deberá tener una adecuada alimentación de aire del exterior para el equi

po de combustión del horno. Es aconsejable que el orificio de entrada de aire sea tal que no pueda ser cerrado inadvertidamente.

El cuarto de calderas debe planearse de tal forma que la (s) caldera (s) pueda mantenerse adecuadamente. Además es importante que se planee para que una caldera pueda reemplazarse sin que se dañe al cuarto. Muchos ingenieros dejan un espacio por si los requerimientos de la planta demandan añadir otra caldera. La superficie de los pisos debe ser fácil de limpiar ya que se ensucian y se hacen resbaladizos.

La distancia mínima del generador a las paredes será de 0.70 m., y de 0.8 m., al techo.

La cimentación debe construirse con la solidez y resistencia necesaria para soportar todo el peso de la caldera.

Alumbrado.- Además de estar bien alumbrado el cuarto de calderas, debe contar con una fuente de alumbrado de emergencia.

Los indicadores y controles deben iluminarse bien para que se puedan manejar con facilidad.

Las salidas deben tener también una buena iluminación e identificación.

Salidas.- Cada cuarto de calderas debe tener dos o más salidas, una en cada extremo del cuarto.

Si el cuarto es un basamento ( o subbasamento) las salidas deben estar dirigidas hacia las escaleras y corredores externos que lleven a las puertas de salida.

Escaleras y Controles.- Los códigos requieren la instalación de escaleras y corredores en calderas que se encuentran a 3 m., o más sobre el nivel del piso. Si no son requeridas por ley, se aconseja que se instalen para la seguridad de los trabajadores, para que no tengan que pasar sobre líneas de agua o de vapor, o agarrarse de los vástagos de las válvulas. Las escaleras y los corredores deben tener pasamanos. Los corredores deben fabricarse de rejas de acero

para proporcionar una superficie que no sea resbalosa y que al mismo tiempo permita la circulación de aire.

Lista Que Debe Checarse Para La Limpieza y Restablecimiento De La Caldera.

Etapa Operacional	Exposición o Riesgo	Controles que deben considerarse.
I.Preparación A. Paro	Varios, incluyendo explosiones serias	Seguir las instrucciones del fabricante.
B.Cheque la atmósfera de la caldera para: 1. Que esté libre de gases tóxicos	Inhalación de gases tóxicos	Tiempo permitido para ventilación y enfriamiento. Determinar positivamente el contenido atmosférico. ¿Aparatos esenciales de respiración?
2.Contenido seguro de oxígeno	Asfixia	¿La determinación de oxígeno es adecuada? ¿Es suficiente el flujo de aire?
3.Temperatura	Al calor	¿Se ha determinado el tiempo que un empleado puede trabajar en la caldera, exponiéndose a la temperatura y al calor de radiación existente, siguiendo una guía de temperatura y velocidad del aire? ¿Qué protección personal se necesita? ¿Es suficiente el flujo de aire?
4 Escoria	Objetos que caen	¿Se han usado efectivamente, los sopladores de hollín y los lanzadores de vapor? ¿Son efectivos los lava

		<p>dores de alta presión?          ¿Deben colocarse redes de seguridad, cercas o protectores?          ¿Son suficiente protección los sombreros de seguridad?          ¿Debería proporcionarse otra protección?</p>
II. Limpieza del sobre calentador	Escoria que cae	<p>¿Limpiar primero el exterior?          ¿Usar cinturones?          ¿Se tienen andamios seguros?</p>
III. Reparación y limpieza del fondo del horno.	Escoria que cae	Coloque tuberías fuertes y horizontales en el quemador.
	Calor del fondo	¿Se necesita madera para el piso?
IV. Instalación de andamios	Inclinación	Proporcionar el nivel de la base. ¿Se necesita atar o ensamblar?
	Tablas sin resistencia	¿Son adecuadas para el espacio? ¿Para hombres? ¿Para carga?
	Tablas movidas o resbaladas	Evite vigas voladizas y cambios cuando estén usando.
V. Personal	Pánico o temor por la condición física	¿Está acostumbrado el personal a la altura, al calor? ¿Está entrenado adecuadamente?
VI. Instrumentos de potencia	Choque eléctrico	<p>¿Se usan luces eléctricas de batería industrial?          ¿La fuente es de bajo voltaje (12 o 24 volts)?          ¿Iluminación adecuada?</p>
VII. Ruido	Posible pérdida del oído	¿Se cuenta con protección para el oído?

## 1.22 Inspección:

Inspección Externa.- Un exámen practicado por el ins - pector autorizado a una caldera durante su operación, se - llama inspección externa. Esta es una inspección de la cal - dera, de sus accesorios y conexiones, que se hace con el - fin principal de observar la operación y el estado de man - tenimiento.

No se requiere preparación especial para estas inspeccio - nes, sino que basta proporcionar al inspector las facilida - des necesarias de acceso a la caldera y a las conexiones. Si durante la inspección se descubre la existencia de una - fuga o ruptura, se quitará una cantidad suficiente de reve - timiento o de mampostería de la montadura, para permitir un exámen detallado. Si el recubrimiento no puede ser removido en ese momento, el inspector ordenará el paro de la caldera durante el tiempo necesario para la remoción del material - en cuestión y el exámen apropiado de la caldera.

Inspección Interna.- Comprende un exámen completo de to - das las secciones de la caldera, en cuyo cometido el inspec - tor entrará al fogón y a los domos, si son del tamaño sufi - ciente. Se les da especial atención a aquellas partes de la caldera que son más inaccesibles y difíciles de limpiar. Se removerán de ser necesario, muros de tabique y chaquetas de recubrimiento, para lograr una inspección completa.

Superficies en contacto con el Agua.- El interior de la caldera se inspecciona para localizar rupturas, pernos ro - tos, corrosión, abrasión, incrustación y puntos delgados. Una vez terminada la inspección, se desechan los materiales depósitados. Se revisan las superficies, especialmente en - la parte superior de los domos de vapor y de agua para bus - car residuos o consecuencias atribuibles a la acción de los productos del tratamiento de agua, productos químicos, di - solventes de incrustaciones, aceite, grasa y otras sustan - cias que pudieron haberse introducido intencionalmente o de

alguna otra manera, junto con el agua de alimentación. Si se localiza la presencia de aceite, tienen que tomarse las medidas pertinentes inmediatas para suspender su entrada a la caldera, ya que aún la cantidad más pequeña resulta peligrosa.

Superficies Expuestas al Fuego.- El flexionamiento, las ampollas y las fugas son síntomas de fallas en la caldera. Si los abultamientos o las ampollas adquieren tales dimensiones, que debiliten con exceso la pared de la placa o del tubo, en especial si a consecuencia de estos defectos ha aparecido un escape, la caldera tiene que pararse inmediatamente hasta que haya sido convenientemente reparada.

Superficies Externas.- Se realiza una búsqueda cuidadosa para localizar focos de corrosión en las superficies exteriores de los domos, así como fugas en los fogones, ductos de humo, válvulas y tuberías.

En la inspección interna se inspeccionan: cordones de soldadura, ligamentos, bridas, tubos, soportería, válvulas, conexiones y accesorios de la línea general de vapor y de la alimentación de agua, drenes, purgas, columnas de agua, vidrio de mira, manómetros, registros de hombre, sopladores de hollín, mampostería, estructura, ductos de gases, chimeneas y quemadores.

Si los daños que puedan sufrir las piezas de la caldera sujetas a presión, requieren una reparación con soldadura u otros métodos que quedan dentro de las normas establecidas por el código, tiene que llamarse al inspector autorizado y obtener del mismo la autorización correspondiente sobre la forma en que se ha de ejecutar la reparación. Una vez terminada la reparación, tiene que ser aprobada por el inspector. Debe llevarse un registro de todas las reparaciones.

1.23.- Pruebas Hidrostáticas.- Las pruebas hidrostáticas (a base de agua a presión) se realizan en el lugar de manufactura en todas las calderas nuevas o componentes de las mismas. Una caldera (ya sea nueva, de segunda mano o reinstalada) se somete a una prueba hidrostática cuando se ha terminado su instalación.

Cuando hay alguna duda respecto a la magnitud de un defecto encontrado en la caldera, el inspector ordenará la práctica de una prueba hidrostática para determinar con mayor exactitud la seriedad de la falla. La prueba tiene por objeto la comprobación de la hermeticidad, así como averiguar la resistencia mínima del equipo.

Si se prueba una caldera contra fugas, la presión hidrostática aplicada no debe ser menor que la máxima presión a la que reacciona la válvula de seguridad, pero no debe ser mayor que la de la prueba requerida para la comprobación de resistencia. La presión que debe aplicarse es una cuestión de criterio por parte del inspector, sujeta a ciertas limitaciones prescritas por el código.

La experiencia ha demostrado que un cordón de soldadura en una caldera, puede resistir una presión determinada en una prueba, para fallar posteriormente bajo una presión igual o ligeramente menor. Por otra parte, la falla es muy improbable a una presión de trabajo no mayor de las dos terceras partes de la presión de prueba, salvo que haya un punto de concentración de esfuerzos, por ejemplo, una soldadura mellada o defectuosa, que sufrirá fatiga prematura como consecuencia de los esfuerzos repetidos.

La prueba hidrostática puede servir para el alivio de tensiones en una proporsión limitada, mejorando el factor de seguridad de las costuras de soldadura, contra golpes de ariete o esfuerzos a baja temperatura.

La hermeticidad es muy importante en la construcción de calderas. Las fugas se descubren por observación o son indi

cadadas por la pérdida de presión en una caldera cerrada. El aceite, particularmente si es ligero o está caliente, escapará a igual presión. El aire escapará también por fugas a través de las cuales no escapa el agua; y el hidrógeno escapa por fugas por las que no escapa el aire.

Cuando se efectúa una prueba con aire o gas a presión, - las fugas se localizan sumergiendo el cuerpo en agua y cubriéndolo con jabón líquido o empleando algún indicador químico que responda con el gas a presión, cuando escape.

Precauciones Que Deben Tomarse Para la Prueba Hidrostática. -

a) Verificar la presión de prueba, para asegurar que se está dentro del rango de seguridad para las condiciones de prueba.

b) Usar una bomba de capacidad pequeña para tener un buen control de la presión.

c) No probar con agua fría. Para evitar la condensación de humedad en las superficies exteriores de la caldera, la temperatura del agua utilizada para llenarla no debe ser menor que la temperatura del punto de rocío del ambiente atmosférico circundante. La temperatura mínima permisible del agua para llenar la caldera es de  $21^{\circ}\text{C}$ . El agua caliente se evita en las pruebas por su tendencia a la retropresión; sin embargo en las calderas de baja presión, se llega a emplear agua hasta de  $71^{\circ}\text{C}$  de temperatura. Para presiones de  $33.15 \text{ Kg/cm}^2$ , la temperatura del agua no debe exceder de  $32.2^{\circ}\text{C}$ .

En épocas de frío deben tomarse precauciones contra la congelación del agua.

d) Desalojar todo el aire o gas de la caldera cuando se esté llenando con agua.

La Prueba. - El usuario hará que todo el generador esté cerrado en todos sus registros y conexiones, con la válvula o válvulas de seguridad desconectadas o amordazadas, los niveles comunicados y conectada la bomba de prueba.

El agua debe ser limpia y la presión debe aplicarse paulatinamente. Cuando se ha alcanzado la presión deseada, ésta se mantendrá durante un período suficiente para el examen de todas las partes visibles, incluyendo las costuras y los barrenos de aviso.

Si los requisitos de la prueba arrojan resultados satisfactorios, se quita la presión.

Para la presión de prueba se tiene:

Presión Máx. de Trabajo (p)

Presión de Prueba (P)

$$p \leq 2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = p+1$$

$$2 \leq p \leq 10 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = 1.5p$$

$$p \geq 10 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = p + 5$$

CAPITULO 2

RECIPIENTES A PRESION NO SUJETOS A FUEGO DIRECTO

## CAPITULO 2

### RECIPIENTES A PRESION NO SUJETOS A FUEGO DIRECTO.

2.1 Definición.- Los recipientes a presión no sujetos a fuego directo, son recipientes que pueden estar sujetos a presión interna o a vacío, pero que no tienen actuando sobre ellos fuego directo. Si el calor se genera en el recipiente, es por la acción química dentro del recipiente o por la aplicación de calor eléctrico, vapor, aceite caliente u otro medio de calentamiento al contenido del recipiente.

2.2 Diseño.- Estos recipientes deben diseñarse con códigos aplicables y leyes de los estados.

El Código ASME cubre a esta clase de recipientes y se utiliza mucho en México.

Ciertos recipientes con riesgos más pequeños, sin embargo están libres de reglamentaciones. Estos incluyen:

- a) Recipientes sujetos a control federal.
- b) Recipientes que contengan 120 gal. ( 454.2 l), o menos de agua.
- c) Recipientes con presión de operación interna o externa que no exceda de 15 psi. (1.05 Kg/cm<sup>2</sup>).
- d) Recipientes con un diámetro interno menor de 6 in. (15.24 cm.).
- e) Tanques de almacenamiento de agua caliente, calentada por medios indirectos - calor de entrada menor de 200 000 Btu/h (50400000 cal/h ) o que la temperatura del agua sea menor de 200 °F ( 93°C ).

El Código ASME, se ha extendido para que se puedan registrar por él, los recipientes destinados a presiones mayores a 3000 psi. ( 210 Kg/cm<sup>2</sup>). Esta parte la constituye la División 2, Sección VIII del Código.

División 1.- Cubre recipientes de 210 Kg/cm<sup>2</sup> o menos -

(con las excepciones mencionadas anteriormente).

Antes de que un recipiente se diseñe por esta división, se deben contestar cinco preguntas:

- a) ¿El material utilizado en la construcción, dañará o cambiará químicamente a las sustancias del proceso?
- b) ¿Las sustancias del proceso afectarán el metal del recipiente?
- c) ¿Lleno el recipiente, soportará el peso de su contenido más la presión interna?
- d) ¿Resistirá la presión interna y además cualquier presión adicional causada por reacción química durante el proceso?
- e) ¿Resistirá el recipiente cualquier vacío que se cree intencionalmente o accidentalmente sin colapso?

Las especificaciones para construcción por la división 1 deben incluir, además de los requerimientos generales, el rango de la presión de operación y de la temperatura de operación y toda la información de naturaleza específica que afecte la fabricación e instalación del recipiente, tales como el relevo de esfuerzo, radiografía, soldadura y otros requerimientos.

División 2.— Esta división lleva por nombre, "Reglas Alternativas para Recipientes a Presión". Aunque los cálculos son tediosos, se obtienen buenos espesores de pared para soportar presiones superiores a 3000 psi.

Estas reglas alternativas no especifican un límite en la presión pero no se aplican a todos los tipos de construcción. Para altas presiones (15000 psi o mayores), algunas adiciones o desviaciones de las reglas pueden ser necesarias. La ventaja de estas reglas consiste en que los esfuerzos calculados con un análisis detallado con mayor exactitud, representan las condiciones del recipiente cuando está en operación.

Las reglas alternativas se aplican solo a recipientes instalados en un lugar fijo y sujetos a un servicio especí-

fico. Para obtener estos recipientes con el sello ASME bajo estas reglas, el comprador debe preparar las "especificaciones de diseño del comprador" y tenerla certificada por un ingeniero registrado con experiencia en recipientes.

Estas especificaciones de diseño deben:

- 1) Detallar las condiciones de operación:
  - a) Presión interna y externa, incluyendo la cabeza estática.
  - b) Peso y contenido normal del recipiente bajo condiciones de operación y de prueba.
  - c) Cargas sobrepuestas, tales como otros recipientes, equipo de operación, aislamiento, capas resistentes a la corrosión o erosión y tuberías.
  - d) Vientos, nieve, temblores.
  - e) Cargas de impacto debidas a fluctuación de presiones.
  - f) Condiciones de temperatura que puedan causar contracciones y tensiones.
  - g) Temperatura y presión de diseño.
- 2) Establecer si o no, se puede realizar un análisis de fatiga; esto depende de considerar:
  - a) Experiencia en la operación de equipo similar.
  - b) Conexiones de tubería.
  - c) Uniones de pernos de extremos roscados.
  - d) Penetración de soldadura no completa.
- 3) Indicar las tolerancias necesarias para corrosión y erosión.

2.3 Problemas por Corrosión y Erosión.— La corrosión puede ser una de las causas para que un recipiente falle, sin embargo existen métodos para evitar este peligro. Cuando el contenido del recipiente es corrosivo o erosivo, el recipiente puede protegerse con aleaciones de metales, vidrio, forros de hule o algún otro material apropiado. Donde ésto es imposible, la corrosión no será un riesgo, debido a que es un tipo progresivo de deterioración que se puede contro-

lar y medir por técnicas de inspección bien conocidas. La principal requisición para el control de la corrosión, es la inspección visual y la medida de espesores en las zonas donde se espera pueda haber corrosión, como en la zona del líquido, en la interfase líquido-vapor, en la zona del vapor y en las zonas de alta velocidad del fluido. Una vez que estas áreas probables a la corrosión se han identificado, se pueden hacer frecuentes medidas de espesores para determinar la velocidad de la corrosión y establecer si ésta es variable o constante. Con este procedimiento, suplementado por inspecciones visuales, la condición del recipiente puede conocerse y de esta manera pueden mantenerse las condiciones de operación dentro del rango de seguridad.

La erosión puede ser un problema en áreas donde la velocidad de flujo es alta.

La erosión en potencia debe minimizarse en la etapa de diseño por el uso de placas de impacto, sistemas de distribución y artefactos similares. La erosión es una posibilidad que puede verse en la primera inspección del recipiente. Una vez localizada puede medirse y darse a conocer para asegurar la integridad del recipiente.

Los accesorios de los recipientes, tales como las boquillas, también pueden estar sujetas a corrosión o erosión. Por ejemplo las boquillas de un recipiente por las que el material es empujado por la fuerza de una corriente de vapor o de aire comprimido, están sujetas a erosión.

Otras Causas de Deterioración del Metal.— Un recipiente que opera a presión alta puede quebrarse repentinamente y causar accidentes muy graves. Las fracturas quebradizas ocurren en materiales normalmente dúctiles como el acero al carbón, y en estructuras donde la temperatura es muy baja (abajo de  $-20^{\circ}\text{C}$ ). Muchas fracturas sin embargo ocurren en el rango de temperatura ambiente de  $40^{\circ}\text{F}$  ( $4.4^{\circ}\text{C}$ ) a  $100^{\circ}\text{F}$  ( $37.7^{\circ}\text{C}$ ). Otra de las causas que puede producir la frac--

tura, lo constituye un esfuerzo que se encuentre arriba del punto elástico del metal.

Cuando se opera a altas temperaturas, el recipiente puede sufrir una deformación plástica progresiva. Sin embargo mientras las condiciones de diseño no se excedan, este tipo de deterioración no constituirá un problema.

La fatiga debe considerarse como una posibilidad donde se presente una excesiva vibración.

2.4 Localización.- Si un recipiente va a cargarse manualmente debe proporcionarse un espacio amplio para la materia que va a cargarse. Si se van a procesar líquidos, debe de proveerse el espacio necesario para las tuberías.

Donde los recipientes son de diferentes tamaños, las tapas de todos los recipientes deben estar al mismo nivel de operación para que los operadores no tengan que andar subiéndolo y bajándolo.

El sitio debe ser el adecuado para facilitar la inspección, limpieza, operación y reparación.

Si se tienen muchos recipientes aglomerados, se impide el control apropiado y esto puede ocasionar que los operadores durante el proceso, cierren y abran las válvulas incorrectas.

Antes de que un recipiente a presión se coloque en una planta existente, deberá chequearse el piso para ver si soporta el peso del recipiente, su contenido y al personal que va a trabajar.

2.5 Inspección y Entrada al Recipiente.- Los recipientes a presión deben inspeccionarse regularmente por personal calificado y entrenado para este trabajo.

Una compañía grande o planta puede encontrar ventajoso emplear un cuerpo de inspectores para que administren un programa regular de inspección para todos sus recipientes a presión. Tal programa acompañado por un mantenimiento preventivo prolonga la vida del recipiente y evita accidentes.

Debe llevarse un record de cada recipiente por el inspector o por el departamento de mantenimiento. Deberá incluir, el reporte de los datos del fabricante e instrucciones, datos de diseño, lugares que deben checarsse, información de la instalación y cambios de proceso, condiciones y reparaciones encontradas en las inspecciones.

Este record será de un gran valor en la operación del equipo y en el diseño, instalación y operación de un nuevo equipo.

Cuando se utilizan sustancias corrosivas, venenosas o tóxicas, el superintendente debe hacerlo saber a los inspectores y al personal de operación.

Cuando se desarrolla un nuevo proceso, se les debe notificar a los inspectores y a los operadores, la forma en que se verán afectados los recipientes.

Entrada al Recipiente. - Se necesita de un procedimiento de seguridad a la entrada (algunas veces se requiere por ley) para eliminar el gran número de accidentes provocados por riesgos existentes en la entrada de los recipientes y espacios confinados.

Los riesgos aumentan cuando los inspectores y los trabajadores no pueden salir de un recipiente por falta de ayuda.

Los riesgos en los espacios confinados incluyen:

- a) Exposición a materiales tóxicos que se encuentran en los espacios confinados o que se introducen después.
- b) Falta de suficiente oxígeno.
- c) Calor. El fuego podría iniciarse, los gases calientes o los líquidos podrían entrar, o los recipientes podrían calentarse inadvertidamente.

Antes de entrar al recipiente, éste debe prepararse adecuadamente. Debe drenarse, ventilarse y limpiarse. Todas las tuberías de conexión deben desconectarse y desocuparse o se colocarán juntas ciegas en todas las líneas que entren y salgan del recipiente, con excepción de la línea de con -

trainscendio, la cual debe quedar disponible para casos de emergencia. No es suficiente cerrar las válvulas de las líneas, pues al recibir presión por algún motivo, podría fallar su sello.

Cuando se purga un recipiente, el desfogue debe dirigirse a un área externa donde no exista riesgo para el personal. En algunos casos puede purgarse con un gas inerte como  $\text{CO}_2$  o  $\text{N}_2$ . Debe recordarse que el gas inerte no es bueno para la vida, por lo que las personas que entren deberán llevar un equipo para respirar.

La ventilación del interior del recipiente puede ser forzada por medio de un removedor de aire que trabaja con aire comprimido; e ductores con vapor de agua; ventiladores, sopladores y extractores que funcionan con turbina de vapor, aire comprimido o motor eléctrico.

Los motores eléctricos y el mecanismo interruptor deben ser a prueba de explosión o colocarse lejos del recipiente, asegurando con ello, la difusión máxima de los vapores en el aire circundante y reduciendo así la posibilidad de mezclas inflamables a nivel del suelo.

La ventilación natural puede usarse para extraer los vapores del recipiente. Todas las tapas de los registros de entrada del techo y del cuerpo del recipiente deben quitarse en este orden para que el aire circule libremente por el recipiente. Debe tenerse cuidado cuando se quiten las tapas de los registros de visita del fondo del recipiente debido a los vapores que escapen. Varios de los accidentes que han ocurrido en la limpieza de los recipientes se debieron al hecho de haber omitido la atención necesaria a los puntos citados anteriormente.

Todas las áreas del recipiente deben probarse de flameabilidad, gases tóxicos y de oxígeno.

Después de que se han realizado todos los preparativos para entrar, el supervisor del área debe checar que el re -

recipiente es seguro, que todas las líneas están cerradas, - que el equipo de protección del personal es el adecuado y - que los procedimientos planeados para el trabajo son seguros. Entonces podrá permitir la entrada al recipiente.

Las pruebas mencionadas anteriormente deberán repetirse en intervalos de tiempo para asegurarse de que las condiciones son seguras mientras los hombres están trabajando dentro del recipiente. Ya que las condiciones pueden cambiar de un momento a otro debido al trabajo de limpieza, haciendo que la atmósfera que en un principio era respirable se convierta dañina o peligrosa. En este caso debe suspenderse la labor para investigar las causas de la anomalía observada y no reanudarla sino hasta aclarar perfectamente lo sucedido.

Cuando por desgracia llega a ocurrir un accidente, es importante precisar con rapidez, cuantas eran las personas - que se encontraban trabajando en el interior del recipiente cuando ocurrió el percance. Esto es necesario para los trabajos de salvamento y para establecer con claridad como ocurrieron los hechos. Por tal motivo se recomienda anotar - cerca del registro de entrada los nombres de las personas - que se encuentran dentro. No es aconsejable penetrar en los recipientes, por ningún motivo, si no hay por lo menos otra persona que esté enterada del trabajo a ejecutar; debe recordarse que en el interior del recipiente puede ocurrir un accidente por causas muy diversas y que sus consecuencias - pueden ser graves si nadie se da cuenta de lo ocurrido. Además de las lesiones que puedan resultar por incendios o - explosiones, por condiciones tóxicas o asfixiantes, pueden ocurrir accidentes tales como los provocados por:

- a) No usar, uso inadecuado o falla en los equipos de protección personal.
- b) Descarga de vapor de algún servicio roto.
- c) Objetos arrojados o caídos de la parte superior del re -

ciente.

- d) Caídas de los andamios o de las escaleras fijas de mano.
- e) Caída de partes de la estructura.
- f) Tropezones con las mangueras u otros objetos.
- g) Golpes contra los soportes de la estructura del tanque o de la tubería.
- h) Iluminación deficiente.

En ciertos trabajos especiales, donde la atmósfera en el interior pueda ser peligrosa, debe emplearse además del equipo de protección respiratoria, una cuerda de suficiente longitud y resistencia, sujeta a un arnés que deberá portar la persona que penetre al recipiente, para permitir que se le pueda salvar en caso de accidente. En otros trabajos es indispensable el uso de cinturones de seguridad. Por ninguna circunstancia debe entrar persona alguna al interior del recipiente, para rescatar a otra, sin ir provista de cinturón de seguridad o sin haber tomado las debidas precauciones para no respirar directamente la atmósfera contaminada que pueda existir en el interior. Si llega a necesitarse una labor de rescate por lo menos otra persona deberá que dar en el exterior del recipiente.

Algunas de las reglas que son de utilidad para evitar accidentes son:

- a) Si un recipiente ha contenido sustancias cáusticas o corrosivas y existen sedimentos que son necesarios eliminar, debe ejecutarse este trabajo usando trajes impermeables, botas y guantes de hule.
- b) Toda instalación eléctrica que se utilice para fines de alumbrado o limpieza, debe ser colocada por electricistas autorizados.
- c) Se recomienda que la herramienta que se utilice en el interior de un recipiente sea de materiales que disminuyen la proyección de chispas, como son: bronce, aluminio, metal muel o acero inoxidable.

Método de Limpieza.- Depende del uso que se le haya dado al recipiente. Si ha contenido petróleo o productos químicos, el recipiente puede llenarse con agua, una solución cáustica o un agente neutralizante, para remover lodo y materia adherida. Los recipientes utilizados con líquidos que se pueden incendiar deben lavarse, vaporizarse y / o ventilarse hasta que con una prueba para explosión se demuestre que la atmósfera en el interior es segura.

El personal que realiza la limpieza está propensa a sufrir también envenenamientos a través de la piel, si no tiene cuidado en utilizar el equipo apropiado, como es el caso cuando se trabaja en un recipiente que contenía gasolina a base de tetraetilo de plomo.

2.6 Pruebas Hidrostáticas.- Si se construye un recipiente a presión de tal manera que no pueda realizarse una inspección interna periódicamente, tendrá que someterse a una prueba hidrostática si el peso del agua no causa esfuerzos que puedan ser perjudiciales. En este último caso, se puede aplicar una prueba neumática.

Nunca debe de usarse gas comprimido o aire para probar un recipiente (no sujeto a fuego directo) arriba de su presión segura de operación, aunque pueden usarse para detectar fugas a presiones debajo de la presión de operación. Debe tenerse mucho cuidado porque el recipiente puede fallar al hacerse la prueba y despedazarse.

En adición a lo indicado en la sección 1.23 , se recomiendan las siguientes precauciones:

- a) Los indicadores deben checarse para asegurarse de que van a funcionar bien ( temperatura y presión).
- b) Cualquier tubería conectada al recipiente bajo prueba debe ser la adecuada para resistir presiones altas que pudiesen ocurrir.
- c) Las áreas de prueba deben aislarse tan lejos como sea posible de otras operaciones y deben proporcionarse barrica -

das y equipo para protección del personal.

2.7 Detección de Fallas.— Los recipientes a presión utilizados para el proceso de gases o materias aceitosas, pueden tener pequeñas fugas que no se perciben en la prueba hidrostática. Para detectarlas puede ponerse una pequeña cantidad de amoníaco dentro del recipiente y luego suministrar se aire comprimido hasta que se alcance una presión máxima del 50% de la presión de operación. Una esponja mojada en HCL ( muriático) se pasa por todas las juntas y áreas donde se espera existan fugas. La fuga será detectada por la formación de un vapor blanco ( cloruro de amonio ) que se obtiene por el contacto del amoníaco que escapa y el ácido. También es efectivo emplear una varilla con azufre ardiendo. En este caso el cambio de la flama indicará la presencia de amoníaco.

Para detectar grietas que no pueden observarse a simple vista, se cuenta con un método de barnizado. Cuando se sospecha de la tapa de un recipiente a presión, se limpia la tapa y se barniza. Después de que el barniz endurece se aplica una prueba hidrostática. Los sitios débiles, grietas del espesor de un cabello o las fatigas por esfuerzos, se mostrarán en la tapa por la expansión y quebrado del barniz.

Si las grietas no se pueden reparar satisfactoriamente el uso del recipiente debe prohibirse.

Cuando se desea tener la máxima seguridad en la construcción de un recipiente, deberá de hacerse uso de radiografías ( rayos X ). Por medio de ellas se pueden detectar fallas, escoriaciones o suciedad en el recipiente.

Las soldaduras de buena calidad tienen eficiencias altas. Cuando se requiere una eficiencia de soldadura de 70%, no se necesita la radiografía. Para una eficiencia de 80%, se toma la radiografía en puntos que se consideran críticos. Para una eficiencia de 100%, se tendrá que radiografiar to-

do el cordón de soldadura.

El éxito de una soldadura depende de la experiencia y en entrenamiento del soldador, del uso de los materiales apropiados y del procedimiento empleado. Por tal motivo las personas que van a aplicar la soldadura deberán ser calificadas.

De entre los diferentes procesos de soldadura, la de arco es la más utilizada en la construcción de recipientes. En este tipo, el calor de fusión lo proporciona una corriente eléctrica.

En la soldadura oxiacetiénica, el calor necesario para la fusión lo proporciona una mezcla combustible de acetileno y oxígeno.

La selección del tipo de unión con soldadura depende del servicio, espesor del metal, procedimiento de fabricación y requerimientos de código.

Algunos de los tipos de uniones con soldadura son: unión doble a tope ( con acanaladura en U o V); unión simple a tope con refuerzo o sin refuerzo (con acanaladura en U o V); filete doble y filete simple con tapón.

2.8 Entrenamiento del Operador y Supervisión.- Es de suma importancia que los empleados que trabajan con recipientes a presión, particularmente con los que se utilizan en procesos químicos sean entrenados completamente con los procedimientos de rutina y de emergencia. A un empleado que se le entrene para operador o ayudante, se le debe explicar completamente el proceso, los riesgos que envuelve y en que forma la operación que va a realizar afecta al proceso.

Los hombres de mantenimiento deberán aprender que precisión alta, significa precisión en el equipo y acabados finos con poca tolerancia de error.

En algunas plantas se emplea una lista que debe chequearse para asegurar que ninguna etapa se ha pasado por alto durante el ciclo de procesamiento.

El operador o su ayudante registra en una tarjeta la in-

formación obtenida de registros y termómetros, el tiempo y la frecuencia con que opera cada recipiente. Después de cada ciclo el operador inicia otra tarjeta.

Si el contenido del recipiente a presión se descarga a un recipiente que el operador no puede ver, debe instalarse un sistema de silbato, campana o señales con luces. Se anota el tiempo en que se dan las señales y la acción que se ejecuta en la lista, todo esto, para evitar mover incorrectamente alguna válvula.

El supervisor debe decir a los operadores, la forma en que deben cerrar las tapas y puertas removibles, así como que no deben abrirlas sino hasta después de que se ha relevado el recipiente de toda presión. De esta forma se evitarán muchos accidentes.

2.9 Artefactos de Seguridad.- Debido a que los recipientes a presión se utilizan en procesos con una gran variedad de sustancias, cada recipiente debe equiparse con los accesorios de seguridad de acuerdo al tipo de recipiente y a la operación que va a realizar.

2.10 Válvulas de Seguridad.- Las válvulas de seguridad del tipo de resorte de carga son las más comúnmente empleadas en los recipientes a presión. Se utilizan en recipientes que contienen aire, vapor, gases y líquidos que no solidificarán cuando pasen por la válvula de seguridad de descarga.

Las válvulas en los recipientes a presión que contienen aire o vapor deben ser lo suficientemente grandes para descargar a una velocidad que prevenga del aumento de presión como se prescribe en el Código ASME.

En los recipientes que contienen líquidos, el asiento de la válvula de seguridad debe ser de tal forma que no se colapse ni obstruya la abertura de descarga. La línea de descarga de la válvula de seguridad debe dirigirse hacia

un punto seguro de descarga.

Si el contenido es un líquido y éste se calienta, la válvula de seguridad debe diseñarse para operar a una sobrepresión que pudiera ocurrir al expanderse el líquido.

2.11 Discos de Ruptura.— Los discos de ruptura son membranas diseñadas para romperse a una presión predeterminada. Se utilizan para relevar sobrepresiones en recipientes a presión no sujetos a fuego directo.

Los discos de ruptura no se traban tan fácilmente como una válvula de seguridad de resorte de carga y son fáciles de reemplazar.

Un disco de ruptura puede obstruirse o revestirse con material en procesos, tales como en la fabricación de barnices y otras resinas. Este revestimiento algunas veces se engruesa lo suficiente como para afectar la presión de ruptura del disco, de tal forma que es necesario reemplazarlo o limpiarlo con un solvente.

Los discos deben checarsse frecuentemente para que siempre se encuentren limpios.

Debe recordarse que cuando se rompe el disco, se relea toda la presión del recipiente. Esto puede tener consecuencias en la pérdida del producto o causar daños en el material de proceso.

Un disco de ruptura debe funcionar dentro de  $\pm 5\%$  de su presión de ruptura especificada para una temperatura especificada.

Los discos pueden instalarse entre una válvula de relevo y el recipiente a presión para prevenir a la válvula de una corrosión innecesaria o de algún taponamiento.

2.12 Rompedores de Vacío.— Es importante proteger a un recipiente a presión de un colapso causado por vacío.

El rompedor mecánico de vacío, tiene un resorte puesto para operar a un vacío predeterminado. Entonces cuando se excede el vacío, el rompedor se abre.

2.13 Venteos.— En muchos procesos, la presión debe relevarse antes de que pueda abrirse el recipiente a presión. Un medio fácil de relevar la presión consiste en ventearlo a la atmósfera.

En los tanques de condensado que operan a presiones muy bajas pero que pueden sufrir presiones muy altas deben proporcionarse tuberías de desfogue y válvulas de seguridad.

Las tuberías de desfogue deben ser de un diámetro lo suficientemente grande, como para relevar el contenido del recipiente antes de que se alcance una presión excesiva. Una tubería de desfogue debe instalarse preferentemente con un doblez en forma de U en la descarga a la atmósfera para evitar que la tubería se ensucie con partículas extrañas.

Las tuberías de desfogue deben protegerse también en tiempo de frío, porque el vapor puede congelarse haciendo inoperante el desfogue como accesorio de seguridad. Para darle mayor seguridad a una tubería de desfogue que puede congelarse u obstruirse con partículas debe instalársele una válvula de relevo.

2.14 Válvulas Reguladoras.— Algunos recipientes operan a una presión mucho menor a aquella que se obtiene de una caldera o de una línea de transmisión de vapor. Entonces con una válvula reguladora se puede reducir la presión alta del vapor a aquella que se requiere en el recipiente. Debe existir una válvula de seguridad del lado de baja presión de la válvula reguladora. La capacidad de relevo de la válvula de seguridad debe ser suficiente, como para asegurar que la presión en el recipiente no exceda a la presión de operación en el caso de que falle la válvula reguladora.

2.15 Recipientes con Chaqueta de Vapor.— Se utilizan para calentar mezclas de líquidos hasta un grado moderado. El vapor circula entre la envoltura externa y la interna del recipiente a presiones que generalmente van de 10 a 30 psi (0.7 a 2.1 Kg/cm<sup>2</sup>). En ocasiones el proceso puede requerir

que operen a presiones superiores a 100 psi ( $7 \text{ Kg/cm}^2$ ). El calor se transmite a través de la envoltura inverna. Estos recipientes se utilizan principalmente en la preparación - comercial de alimentos, en la fabricación de dulces y en la industria textil.

A un recipiente con chaqueta de vapor y que tiene una ta pa hermética, se le debe proveer de una válvula de seguridad para el interior de la caldereta.

Las precauciones que deben seguirse en la operación de - calderetas con camisa de vapor son:

- a) El espacio de vapor debe drenarse completamente antes de que se suministre el vapor al recipiente, porque el agua en el espacio correspondiente al vapor puede causar severos da ños.
- b) Se debe suministrar el vapor a los recipientes fríos, - lentamente, para que se tenga un calentamiento uniforme y - una expansión también uniforme.
- c) A menos que se tenga protección automática, se deben a - brir los desfogues cuando el suministro de vapor se pare. De esta manera se evitarán daños o colapsos de la caldereta por la condensación del vapor.
- d) Los agitadores manuales deben manejarse con cuidado.
- e) Las calderetas deben tener barrandales para que los tra - bajadores no vayan a caer en ellas por algún accidente.
- f) Las calderetas deben llenarse solamente hasta el punto - donde el contenido no salpique cuando se caliente o agite.

CAPITULO 3  
CONCLUSIONES

## CAPITULO 3

### CONCLUSIONES

a) Cumplir con el Código ASME u otros que sean aplicables en el país y con los reglamentos editados por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, Petróleos Mexicanos y el Instituto Mexicano del Seguro Social, en lo referente a diseño, construcción, instalación, operación, mantenimiento, inspecciones y pruebas de las calderas y de los recipientes a presión no sujetos a fuego directo.

b) En el aspecto de manejo seguro de calderas y recipientes a presión no sujetos a fuego directo, el orden y la limpieza son aspectos fundamentales.

c) A todo operador deberá educarse y adiestrarse en el manejo seguro de calderas y de recipientes a presión no sujetos a fuego directo. Considerando de manera principal los siguientes aspectos:

- Conocimiento de toda la instrumentación del equipo.
- Conocimiento del proceso que se está llevando a cabo en el equipo.
- Manejo de válvulas, ventiladores, bombas de alimentación, sopladores de hollín y tapas removibles.
- Limpieza y mantenimiento. El método de limpieza depende del uso que se le haya dado al recipiente. Si ha contenido petróleo o productos químicos, el recipiente puede llenarse con agua, una solución cáustica o un agente neutralizante para remover lodo y materia adherida. Los recipientes utilizados con líquidos que se pueden incendiar deben lavarse, vaporizarse y / o ventilarse hasta que con una prueba se demuestre que la atmósfera en el interior es segura.
- Uso del equipo de protección: tapones para el oído, o-

rejas, anteojos, mascarillas para respirar y para la cara, guantes, trajes, cinturones de seguridad, cascos y botas.

- Manejo de extinguidores de fuego.

d) Debe procurarse que el trabajador ejecute bien su trabajo y que siempre lo continúe ejecutando bien.

e) Se requiere de un mantenimiento preventivo, supervisiones e inspecciones.

Con las supervisiones se corregirán las anomalías que se encuentren tanto en el personal como en el funcionamiento de las calderas y de los recipientes a presión.

La inspección será externa e interna. En la inspección externa se inspeccionan los accesorios y las conexiones estando el equipo en operación.

Por la inspección interna se conoce el estado de: cordones de soldadura, ligamentos, bridas, tubos, soportería, válvulas, conexiones y accesorios de la línea de vapor, de la alimentación de agua, drenes, purgas, columnas de agua, vidrio de mira, manómetros, registros de hombre, sopladores de hollín, mampostería, estructura, ductos de gases, chimeneas y quemadores.

Cuando la caldera o el recipiente a presión no sujeto a fuego directo no pueda repararse tendrá que sacarse de servicio.

Se hará la prueba hidrostática tanto a las calderas como a los recipientes a presión, para comprobar su hermeticidad y averiguar la resistencia mínima.

La presión de prueba hidrostática tendrá que establecerse de acuerdo a la siguiente tabla:

Presión Máx. de Trabajo (p)

$$p \leq 2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$2 \leq p \leq 10 \text{ Kg/cm}^2$$

$$p \geq 10 \text{ Kg/cm}^2$$

Presión de Prueba (P)

$$P = p + 1$$

$$P = 1.5p$$

$$P = p + 5$$

BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA

1. "Accidentes en el Trabajo", Centro Regional de Ayuda - Técnica - México, 1964.
2. "Accident Prevention Manual for Industrial Operations", 6th. Ed., National Safety Council Chicago, III. 60611, 1969.
3. "American Oil Company", Jan. 15, 1966.
4. "American Society of Mechanical Engineers, 345 E. 47th St., New York 10017. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sección VIII, 1971.
5. Bela, G. Liptak., Chem. Eng., Dec. 25, 1961, p. 104.
6. Bela, G. Liptak., Chem. Eng., Jl. 5, 1965, pp. 127-128.
7. Blake, Roland, Manual de Prevención de Accidentes de Trabajo, Ed. Reverté.
8. Block, Benjamín., Chem. Eng., Ja. 22, 1962, pp. 111-118.
9. Brownell, E. Lloyd., Young, Edwin., Process Equipment - Design, Ed. John Wiley & Sons, Inc., 1959.
10. Butler, Paul., Process Eng., Jl. 1973, pp. 58-59.
11. Conison, Joseph., Chem. Eng., Jl. 25, 1960, pp. 109-110
12. D. Shields Carl., Calderas, Cía. Editorial Continental, S.A., 1965.
13. D.S. Kyser, Chem. Eng. Prog., My. 1972, pp. 61-64.
14. F. Harvey., Pressure Vessel Design, Ed. D. Van Nostrand Company, INC., Princeton, New Jersey, 1963.
15. Fire Protection Handbook, 30th. Ed., National Fire Pro-

tection Association, 60 Batterymarch Street, Boston, Massachusetts 02110, 1969.

16. F. Rase, Howard., Ingeniería de Proyecto para Plantas - de Proceso, Cía. Editorial Continental, S.A., 1973.
17. Henthorne, Michael., Chem. Eng., Dec. 4, 1972, pp. 19 - 22.
18. I. McFarland., Chem. Eng. Prog., Je. 1970, pp. 56-58.
19. Jenett, Eric., Chem. Eng., Aug. 19, 1963, p. 151.
20. Kern, Donald., Procesos de Transferencia de Calor, Cía. Editorial S.A., México D.F. 1965.
21. Lazo, Cerna Humberto., Higiene y Seguridad Industrial, 4a. Ed., México D.F., 1961.
22. McClelland, D. George., Chem. Eng., Sept. 23, 1968, pp. 202-214.
23. Manual de Seguridad Industrial., Dirección de Previsión Social de la Secretaría del Trabajo, México, 1963.
24. Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, No. 151, ASEPEYO.
25. Recomendaciones para el Personal que Efectúa la Limpieza de Tanques de Almacenamiento y Acumuladores, Boletín de Seguridad Industrial No. 1, Petróleos Mexicanos, México, 1973.
26. Reglamento Interior de Seguridad e Higiene, PEMEX, 1945
27. Reglamento para la Inspección de Generadores de Vapor y Recipientes Sujetos a Presión, I.M.S.S., 1966.
28. Resúmenes de las Pláticas Impartidas por Acuerdo de la

Dirección General y Relacionadas con la Seguridad, Pe -  
tróleos Mexicanos, Marzo-Abril 1967.

29. R. V. McGrath., Hydrocarbon Processing Catalog, 1973.
30. Seguridad Industrial Guía del Instructor, Manual F No. 78, Recipientes a Presión, Riesgos de Incendio y Explosión, Alumbrado, Herrero Hnos. Sucs. S.A., México, 1962
31. Thielsch Helmut., Defectos y Roturas en Recipientes a - Presión y Tuberías, Ediciones Urmo Bilbao, 1969.