

MANEJO SEGURO DE CALDERAS

Una caldera es un recipiente cerrado sometido a presión, cuya función es generar vapor para uso externo.

Este vapor se obtiene mediante aplicación de calor, derivado de la combustión de ciertos materiales tales como carbón, petróleo, diesel o gas natural.

Las calderas se clasifican de acuerdo con la posición relativa de los gases calientes y del agua, en acuotubulares y pirotubulares; en éstas últimas, los gases calientes pasan por el interior de los tubos, los cuales se hallan rodeados de agua. En las acuotubulares sucede lo contrario.

1. PRINCIPALES CAUSAS DE AVERÍAS EN CALDERAS

Las causas de avería mas frecuente que se presentan, indistintamente de la clase de aparato que se tenga, se pueden resumir así:

Incrustaciones: se trata de depósitos de silicatos, carbonato y fosfatos de calcio así como óxido de hierro proveniente de la oxidación metálica que produce una capa incrustada en los tubos y placas tubulares impidiendo la transmisión del calor y generando un recalentamiento localizado lo que degenera en una fragilidad del acero. Como consecuencia se produce la fisura por falta de ductilidad. Esto se controla haciendo un tratamiento para disminuir la dureza (contenido de sales) del agua de alimentación.

Corrosión exterior del lado de humos: se trata del efecto corrosivo que puede causar el hollín depositado sobre los tubos o paredes de una caldera. A cierta temperatura y por condensación de humedades, dicho hollín al llevar un contenido de SO₂ (dióxido de azufre) puede producir ácido sulfúrico que es el agente corrosivo para los materiales de la caldera.

Esta avería es frecuente en las calderas de agua sobrecalentada. Se evita, principalmente, mediante una disposición de tubos que no se apoyen en obra de albañilería o solera refractaria.

Antes de la puesta en marcha de la caldera se realiza una limpieza mecánica y química de dichos depósitos y se usa un combustible de bajo contenido de azufre.

Corrosión interna o del lado de agua y/o vapor: se trata de una avería que está vinculada con la formación de incrustaciones aunque no solo se producen como consecuencia de las mismas. Otra causa diferente a las incrustaciones es el mandrinado (expansión en frío) de los tubos a la placa tubular, así como de las soldaduras de estanqueidad de los tubos a la placa tubular. Si estas tensiones existen tras el mandrinado se suman el fenómeno de presencia cáustica en el agua de alimentación, se produce una corrosión bajo tensión muy acelerada.

Falta de agua: esta avería puede ser ocasionada por: negligencia del operario de la caldera, por que los niveles visuales no se encuentran en buenas condiciones, por bloqueo del flotador que regula la alimentación de agua o por fallo en la válvula automática que alimenta el agua.

Un sistema de seguridad por falta de agua, debe accionar, en caso de bajo nivel, la parada de los quemadores, así como una señal luminosa y señal acústica. La consecuencia más corriente es el colapso del hogar (es el recinto donde se quema el combustible).

Daños por mal encendido: son muy frecuentes debido a que se siguen procedimientos incorrectos durante el encendido. El error más común es el de forzar el fuego o sea elevar la temperatura bruscamente. Esto no ocurrirá en calderas dotadas de quemadores automáticos.

Si cuando se hace el fuego se agregan papeles, madera u otro material de rápida combustión y luego se agita la masa ígnea, puede resultar que éste intenso calor genere vapor en bolsones los cuales producen un sobrecalentamiento localizado rajando una sección de la caldera.

2. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

Se considerarán dos enfoques: el primero relativo al manejo propio de la caldera y el segundo referente al combustible utilizado.

2.1. SEGURIDAD DE LA CALDERA

2.1.1. Riesgo de Explosión

Para evitar el riesgo de explosión se deben seguir estas recomendaciones:

- Operar la caldera siguiendo **exactamente** las instrucciones del fabricante.
- Capacitar suficientemente a los operadores.
- Una norma vital es **encenderla solamente cuando no haya ninguna duda sobre los requisitos previos.**
- Realizar un programa de mantenimiento preventivo.
- Verificar periódicamente los dispositivos de seguridad.
- Purgar el combustible almacenado en el hogar de la caldera (limpieza).
- Inspeccionar frecuentemente las válvulas automáticas y manuales de alimentación de combustible al quemador.
- Eliminar posibles mezclas inflamables (aire/combustible) antes de iniciar la operación de encendido, ventilando.
- Para mayor seguridad, se debe contar, como mínimo, con dos válvulas en el generador, y una de seguridad en cada uno de los equipos anexos.

Las calderas son equipos que trabajan a presión. Un equipo a presión se puede diseñar para que resista la presión máxima que pueda alcanzar en situación de accidente, en cuyo caso la construcción debe ser muy robusta, de mayor peso y consecuentemente de un coste económico superior. Para evitar este inconveniente se suelen diseñar para que resistan una presión predeterminada de diseño, instalando un dispositivo de alivio de presión fiable que proteja al sistema contra cualquier presión que sobrepase los límites marcados.

Las diversas situaciones que ocasionan **contingencias por sobrepresiones** y por ende riesgos de explosiones se pueden clasificar de la siguiente forma:

a. **Actuaciones incorrectas:** Las más corrientes son debidas a equivocaciones en la operación de válvulas, tales como un cierre inadvertido en la conducción de salida de un recipiente o la apertura de válvula en la entrada, y que pueden ocasionar una sobrepresión. Un cierre inadvertido de las válvulas de entrada y salida a la vez puede dar lugar a sobrepresión en el caso en que el vapor contenido puede absorber energía a través del sistema de combustión interno elevando peligrosamente la presión. Similares consecuencias ocurren por un funcionamiento defectuoso de una válvula en derivación de una válvula de control.

A los anteriores errores se pueden añadir la de una operación intermitente a destiempo como un purgado o una regeneración (depuración).

b. **Fallos de instrumentación:** El fallo de un dispositivo de control automático puede crear una sobrepresión procedente de una fuente de alta presión o alta energía, si cierra una válvula de control de salida o si abre una válvula de control de entrada. De forma similar un fallo de un control de nivel puede dejar pasar un flujo de gas o vapor a alta presión hacia un recipiente situado aguas abajo. Las válvulas de control se deben diseñar a prueba de fallos pero no pueden ser garantizadas en todas las circunstancias.

En los procesos controlados por computador se debe prever la peor combinación de actuaciones simultáneas de válvulas por funcionamiento defectuoso del computador.

c. **Fallos de válvulas:** Los fallos mecánicos de válvulas pueden ocasionar las consecuencias mencionadas en las secciones anteriores. A éstos se puede añadir el fallo de una válvula de retención que deje pasar el fluido en sentido inverso y origine una sobrepresión aguas arriba de esa válvula.

d. **Fallos de equipos:** Un fallo típico de los intercambiadores de calor (como las calderas) es la rotura de uno o más tubos conductores del fluido térmico. La corrosión interna o externa es una causa frecuente de pérdida de resistencia de equipos, especialmente en las soldaduras.

e. **Fallos de los servicios generales de una planta:** Los principales pueden ser:

- o *De la energía eléctrica.* Ocasiona la parada de los equipos accionados eléctricamente y particularmente los sistemas de control electrónico.
- o *Del aire de instrumentación.* Afecta a las válvulas de control y al control automático.

- *Del control por computador.* Ocasiona la pérdida de control del proceso con movimientos simultáneos de válvulas.
 - *Del vapor de agua.* Deja fuera de acción a los equipos movidos por turbina, especialmente a generadores eléctricos y equipos de refrigeración.
 - *Del suministro de combustible.* Afecta a los sistemas de dosificación de combustible a la caldera.
- f. **Otros efectos:** Entre estos se incluyen:
- *Reacciones químicas incontroladas o explosiones internas.* Ocasionadas por la pérdida de control en el sistema de combustión de la caldera o contaminante o por contingencias como las descritas en párrafos anteriores.
 - *Variación rápida de la presión.*

2.1.2. Situación de peligro aumentado por simultaneidad de fallos

Un principio importante en la determinación de los caudales de alivio es considerar dos o más sucesos coincidentes que causen una sobrepresión. Si los sucesos son completamente independientes, se considera improbable que coincidan, por ejemplo el fallo de un tubo intercambiador de calor y el cierre inadvertido de una válvula de salida. En cambio se debe tener en cuenta el efecto combinado de dos o más sucesos que se puedan relacionar con una causa común, por ejemplo: fallo del aire de instrumentación que da lugar al movimiento simultáneo de dos o más válvulas de control.

Si una primera contingencia puede permanecer sin detectar durante un periodo de tiempo largo, se debe considerar la mayor probabilidad de una segunda contingencia en ese tiempo.

En ciertos casos las consecuencias de una situación doble de peligro pueden ser catastróficas en cuyo caso se debe analizar su probabilidad de acontecimiento y sus consecuencias.

2.1.3. Riesgo de Quemaduras

Este riesgo está presente por las elevadas temperaturas de las tuberías, recipientes y demás mecanismos propios de la caldera. Se sugiere:

- Aislar las tuberías.
- Conducir los escapes de vapor a zonas no transitadas por el personal de empresa.
- No cerrar completamente el registro de humos que los lleva a la chimenea.
- Emplear los elementos de protección personal para trabajos en caliente.

2.1.4. Exposición a Calor

- En la limpieza de calderas, dar el tiempo suficiente para el enfriamiento de la caldera.
- Ventilar el área de la caldera.
- Hidratar a los trabajadores con frecuencia.
- Proveer de la protección personal para evitar la radiación del calor, aunque la ubicación de la caldera permita buena aireación.

2.1.5. Intoxicación y asfixia

Puede presentarse principalmente en las operaciones de limpieza. Un trabajador puede quedar atrapado dentro de la caldera por razones de salud o por inhalación de gases tóxicos acumulados dentro de la caldera.

Dependiendo del tamaño de la caldera, lo que permitiría o no el ingreso de un trabajador dentro de ella, **la limpieza interna se convertiría en una labor de alto riesgo**, ya que la caldera se constituiría en un espacio confinado. **En tal caso las labores deben hacerse bajo las normativas de “trabajo en espacios confinados”**.

Sin embargo la labores más seguras son las que se realizan desde afuera, contando siempre con supervisión técnica durante el proceso de limpieza y antes del encendido.

2.2. SEGURIDAD CON EL COMBUSTIBLE

Los combustibles comúnmente utilizados en calderas revisten un riesgo de incendio importante. En el caso de calderas que funcionan a base de gas se presenta un riesgo adicional de explosión por acumulación de gases debida a una fuga de gas en el sistema de alimentación de la caldera.

Por este motivo **es importante eliminar cualquier fuente de ignición**.

En el caso de calderas que funcionen con carbón se debe cuidar de no formar nubes de material particulado de este combustible, ya que puede formar mezclas explosivas gracias a su fácil acumulación de cargas electrostáticas.

Adicionalmente debe observarse:

- Mantener un buen flujo de aire dentro del cuarto de la caldera.
- Limpiar y organizar el cuarto de la caldera.
- La caldera debe contar con medios de extinción permanentemente.
- En caso de incendio hay que parar la alimentación del combustible y la del aire.

MEDIDAS ESPECIALES DE SEGURIDAD CON ACPM:

El ACPM debe mantenerse almacenado en un sitio especial, muy bien ventilado, protegido del calor y de la luz solar directa, la lluvia y daños mecánicos.

El sitio destinado para almacenar el combustible debe estar construido en materiales incombustibles y debe contar con las instalaciones e implementos suficientes para la protección contra incendios (extintores, rociadores automáticos, alarmas, etc).

El suelo y los primeros 100 mm de las paredes alrededor de todo el recinto donde se almacena el ACPM deberán estar estancos al líquido, inclusive en puertas y aberturas, para evitar el flujo de líquidos a las áreas adjuntas. Alternativamente, el suelo podrá drenar a un lugar seguro.

Toda área de líquidos inflamables debe contar con tanques secundarios con el fin de evitar serias contaminaciones ambientales en caso de un derrame y también con el objeto de poder recuperar el producto. Estos tanques secundarios pueden ser cárcamos aislados de tuberías o desagües y en pisos no absorbentes; también pueden ser estibas metálicas con reservorio o bandejas recolectoras, dependiendo de la clase de recipientes que se almacenen.

Los pisos deberán ser no absorbentes, incombustibles, no generadores de chispas y que no acumulen cargas estáticas.

El sitio debe disponer mínimo de dos accesos independientes señalizados. El recorrido máximo real (sorteando pilas u otros obstáculos) al exterior o a una vía segura de evacuación, no superará 25 metros. En ningún caso la disposición de las canecas de ACPM obstruirá las salidas normales o de emergencia, ni será un obstáculo para el acceso a equipos o áreas destinados a la seguridad.

No permitir la presencia de fuentes de ignición como cigarrillos encendidos, llamas abiertas o calor intenso en la zona de almacenamiento ni en sus entradas o salidas. Coloque avisos prohibiendo fumar o generar chispas. Las instalaciones eléctricas necesarias deben someterse a mantenimiento programado y periódico. Sin embargo, es preferible que en los cuartos de almacenamiento de combustibles no exista ninguna instalación eléctrica.

El área de almacenamiento debe ser identificada claramente, libre de obstrucciones y accesible solamente a personal capacitado y autorizado.

Los equipos mecánicos y eléctricos tales como bombas, sistemas de ventilación y/o de extracción, así como los de iluminación no deben ser generadores de chispas, a prueba de explosión.

Mantenga seca la superficie del área para proteger los recipientes contra la corrosión.

Instale venteaderos de presión y válvula de alivio en el tanque de ACPM.

Conecte eléctricamente a tierra los contenedores y las tuberías de conducción.

Se recomienda construir alrededor del tanque de ACPM, una piscina o tanque secundario con capacidad de un 110% de la del tanque de almacenamiento para prevenir una grave contaminación ambiental en caso de un eventual derrame.

Es necesario contar con equipo de emergencia y material absorbente especial para aceites y solventes en cantidad suficiente para atender un escape accidental.

SEÑALIZACIÓN: A continuación se describe esquemáticamente la forma de señalar el tanque:

Rótulo UN



Rótulo de la NFPA



UN 1202

Las tuberías de conducción pueden ser de color aluminio o sin pintar y deben tener cintas marcadoras que indiquen claramente el nombre del fluido y la dirección de flujo (en fondo naranja, letras y flechas negras).

Estas marcas se colocan cada 2 metros o donde se considere necesaria la identificación rápida de la tubería.

Señalización del área: En el área deben colocarse avisos de precaución para: advertir sobre el almacenamiento de combustible, prohibir fumar o generar chispas o llamas, restringir el paso e indicar las salidas de evacuación.

Si se tienen canecas de ACPM, estas deben permanecer herméticamente cerradas, protegidas de cualquier daño o humedad. Evite chocar o golpear las canecas.

Las áreas designadas para la colocación de las canecas deben estar demarcadas en el piso para garantizar el espacio de circulación del personal.

Lleve los recipientes vacíos a un área separada y señálcelos. Estos pueden contener residuos de vapores inflamables. Evite cualquier fuente de ignición cerca. No realice soldadura corte ni golpee los recipientes vacíos hasta estar completamente seguro de que los vapores inflamables han sido extraídos.

Almacene las menores cantidades posibles, de acuerdo con los índices de consumo.

Revise frecuentemente la hermeticidad y el buen funcionamiento del sistema de conducción y alimentación de combustible a la caldera.

3. PRECAUCIONES ESPECIALES PARA MANTENIMIENTO DE CALDERAS

Si se utilizan productos químicos como agentes desincrustantes o para evitar la corrosión, etc., deben tomarse todas las precauciones que se requieren según el tipo de producto involucrado. Los revestimientos deben estar exentos de productos como el asbesto, perjudiciales para los pulmones del trabajador.

Durante procedimientos de limpieza que impliquen trabajar en espacios confinados, deberán tomarse en cuenta todas las precauciones necesarias: se contará con equipo completo como trípodes, arneses de cuerpo entero, poleas, líneas de vida, equipos medidores de oxígeno, trajes especiales dependiendo del producto a manejar (por ejemplo un ácido para desincrustar), equipo autocontenido de ser necesario, etc., o cuando se eliminan los sedimentos por medios mecánicos con problemas de levantamiento de polvo muchas veces tóxico o proyección de partículas.

Por lo anterior, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Para ingresar a operaciones de limpieza o mantenimiento en general, se recomienda contar con el respectivo permiso de trabajo.
- Antes de ingresar ventile el área.
- Evacue vapores tóxicos y asegure un suministro de aire permanente.
- Utilice el sistema LOCK OUT o candados y tarjetas para control de energías peligrosas en lugares como válvulas y sistema eléctrico.
- Utilice los elementos de protección personal que sean necesarios según el caso y operación a realizar, incluyendo equipo para trabajo en alturas y para manejo de sustancias químicas.
- Las zonas donde exista personal trabajando deben estar correctamente señalizadas de manera que sea evidente la presencia de personal en el interior de las calderas.
- En caso de ser precisa la iluminación, se debe contar con lámparas antiexplosión.
- La eliminación mecánica de incrustaciones debe realizarse aspirando toda nube de polvo a medida que se genera con el fin de no formar atmósferas altamente contaminadas.
- Nunca permita el ingreso de una sola persona. Debe mantenerse un operario debidamente capacitado, vigilante con equipo completo para un posible rescate, incluyendo equipo de primeros auxilios y oxigenoterapia.
- En el momento de la realización de pruebas, es indispensable que el sistema LOCK OUT (control de energías peligrosas) se vaya eliminado gradualmente y que el manejo sólo sea ejecutado por personal debidamente capacitado y autorizado.
- Todo el personal que manipule o ensamble partes, debe utilizar guantes de carnaza a fin de proteger sus manos. De ser necesario, para hacer pruebas de temperatura se deben utilizar guantes resistentes como por ejemplo en material KEVLAR.
- Para el manejo del combustible es importante utilizar traje antiestático, guantes, botas o zapatos antideslizantes, monogafas y casco.
- Se recomienda contar con Kits de materiales absorbentes para evitar daños al ambiente por derrames accidentales de combustibles o cualquier producto químico.

4. RIESGO ELÉCTRICO

Durante la operación de calderas también se manejan instalaciones eléctricas. Estas deben permanecer en buenas condiciones de mantenimiento y funcionamiento y deben operarse de acuerdo con los requisitos universales de seguridad eléctrica.

Algunas normas aplicables a trabajos con electricidad, equipos y accesorios:

- ✓ Norma NFPA 70 – Código Eléctrico
- ✓ NFPA 70B – Recomendaciones de Seguridad para Mantenimiento Eléctrico.
- ✓ Norma Icontec NTC 2050 – Código Eléctrico Colombiano

5. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

CISTEMA suministra la presente información para contribuir con documentación **enfocada a los riesgos químicos**, pero como la operación de una caldera presenta simultáneamente otros tipos de riesgos, la elaboración de un **estándar completo de operación segura**, debe realizarse con asesoría de un experto en manejo, operación y mantenimiento de calderas.

FUENTES CONSULTADAS

1. Consejo Colombiano de Seguridad. Seguridad en Calderas. CCS. Dirección de Educación y Desarrollo. D.E.D./26690. Bogotá. 1996.
2. Nota Técnica de Prevención 456. Calderas y Recipientes a Presión. España. Internet: http://www.mtas.es/INSHT/ntp/ntp_456.htm
3. CCOHS. Base de datos CHEMINFO Online. Canadá.

Nota: La información anterior se presenta de manera práctica, sencilla y orientadora, no es exhaustiva ni producto de nuestra propia investigación; intenta resumir temas específicos y está basada en fuentes consideradas veraces. Sin embargo, el lector no está eximido de obtener información suplementaria más avanzada y acatar o no la presente, depende exclusivamente del usuario. El autor no se hace responsable por las consecuencias derivadas de la aplicación de estas recomendaciones.

- Fecha de impresión: 02/07/2015

- Elaborado por:

CISTEMA ARL SURA
Equipo Asesor en Riesgo Químico