

**CAPÍTULO NUEVE.**  
**MANUAL DE REGLAS DE SEGURIDAD.**

**9.1 INTRODUCCIÓN.**

En la operación de un generador de vapor se debe considerar el daño y pérdida de vidas que podrían resultar en caso de un accidente, así como los aspectos económicos que lo acompañan. Uno de los riesgos principales en los dispositivos a presión tal como los generadores de vapor, es la liberación brusca de presión y los daños que esta puede ocasionar.

El principal riesgo que presentan las calderas son las explosiones, las cuales se pueden clasificar en:

*Explosiones físicas por rotura de las partes a presión:* Se produce por la vaporización instantánea y la expansión brusca del agua contenida en el generador, como efecto de la rotura producida en un elemento sometido a presión.

*Explosión química en el hogar (parte interna de la caldera):* Producida por la combustión instantánea de los vapores del combustible acumulado en el hogar.

Para evitar cualquier riesgo inminente y que ponga en peligro la integridad física del equipo y de los operarios se recomienda tomar en cuenta los siguientes puntos.

## **9.2 PUNTOS DE SEGURIDAD.**

El generador de vapor debe ser inspeccionado y monitoreado continuamente para identificar posibles fallas que puedan causar algún accidente. Además de hacer una inspección visual del mismo y verificar el buen estado del generador; tomando en cuenta los siguientes puntos de seguridad.

La seguridad se debe comprobar antes del arranque y después del paro total del generador, verificando que no exista ninguna fuga; además que todos los elementos funcionen correctamente, incluyendo válvulas y conexiones. Durante la operación no se debe exceder de la presión máxima de diseño. Y cualquier cambio o modificación hecha debe ser registrada y comprobada que no ponga en peligro la integración del equipo.

### **9.2.1 SEGURIDAD POR FALTA DE AGUA.**

Se debe purgar cada semana los tubos de conducción de agua con el objetivo de eliminar cualquier posible formación de incrustaciones en los mismos ya que la falta de agua en el sistema puede causar sobrecalentamiento, pérdida de propiedades mecánicas y hasta la explosión de los tubos.

Las incrustaciones son un obstáculo al paso del agua, cuando se presenta este problema se sugiere el desconectar la fuente de combustión al equipo, dejarlo enfriar y abrir las válvulas para de esta forma permitir la salida de vapores y gases que pueden ser

inflamables, los cuales pueden ocasionar un accidente por quemaduras o incluso la muerte.

Hay ocasiones cuando las incrustaciones no es nuestro único problema, existen ocasiones que este problema se atribuye a la bomba de alimentación, la cuál no proporciona la presión y el caudal de agua de acuerdo con las características de la bomba.

Se debe comprobar diariamente el funcionamiento general, la ausencia de ruido y vibraciones que afecten a las condiciones normales de la bomba; así como inspeccionar juntas del cuerpo, resorte de presión y niveles de aceite conforme lo especifica el manual de mantenimiento.

### **9.2.2 SEGURIDAD POR EXCESO DE PRESIÓN DE VAPOR.**

Dentro del generador se encuentran presiones muy elevadas, en ocasiones se incrementa la presión por lo cuál se utiliza una válvula de seguridad para liberar el exceso de presión. Es muy importante que la válvula de seguridad funcione en el momento preciso de existir un aumento en la presión, ya que de no ser así puede ocasionar la explosión del generador causando quemaduras e incluso la muerte.

Se recomienda que la válvula se abriéndola mínimo cada 6 meses, esto se puede hacer aumentando la presión del agua en la bomba o manualmente accionando la palanca

También una observación constante para detectar y limpiar toda materia extraña que puede pegarse al asiento de la válvula que impide un buen funcionamiento.

### **9.2.3 SEGURIDAD POR FALLA EN LA FLAMA.**

La combustión instantánea puede ser debida a un fallo de la flama y a un re-encendido que provoque la explosión. En ambos casos, además de existir una mayor contaminación puede causar corrosión y el debilitamiento de los componentes. Las posibles causas son fallas en los controles de aire y combustible, fugas, corrosión, fragilización.

Es recomendable conocer el estado de la línea de gas, procediendo a su limpieza o reposición en caso necesario. Realizar una inspección visual del encendido del quemador y forma de la flama, regulando la mezcla aire/combustible en los controles que regulan la mezcla en el caso de presencia de hollín en los humos.

### **9.2.4 PUNTOS DE SEGURIDAD DIVERSOS.**

Periódicamente conforme lo indica el manual de mantenimiento se debe hacer una inspección total del equipo de control, incluyendo la comprobación de la correcta señalización del manómetro general del generador, medidores de presión así como sus

displays, termómetros; sustituyéndose en caso de existir diferencias sensibles en la lectura de los mismos. Al igual que la verificación del buen estado del equipo, chequeando las uniones y conexiones del tubing, el estado de las laminas y la fibra cerámica.

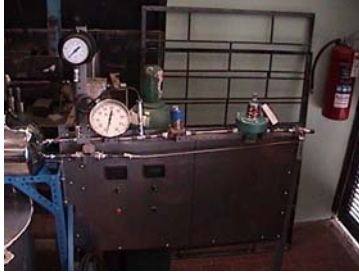
Por lo que se refiere al sistema se purgará cada vez que se deje de utilizar por un tiempo considerable de tiempo con el objeto de conseguir un perfecto estado de limpieza del mismo, evitando de esta forma las incrustaciones en el tubing. Esto se hace accionando la válvula de aguja y haciendo pasar aire comprimido una vez que se haya vaciado por completo.

### **9.2.5 CONDICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.**

Los puntos citados anteriormente los podemos llamar críticos ya que son los más comunes, pero además existen puntos que van relacionados con las Normas Oficiales que no podemos pasar por desapercibidos. Entre los puntos para la seguridad física y operativas del generador encontramos:

- El generador no debe ser ubicado cerca de tránsito de vehículos, si es así debe ser resguardado contra golpes o impactos.

- El sistema de soporte de lo equipo debe mantenerse en condiciones tales que no afecten la operación segura del equipo, considerando, según se requiera apriete de las partes, corrosión, inestabilidad, vibraciones y nivelación.
  
- El equipo debe disponer de espacio libre necesario para las actividades de operación, mantenimiento y revisión.
  
- Las temperaturas de operación del equipo son extremas, por lo tanto debe estar protegido el equipo y, en caso de posible evitar el contacto con personas.
  
- El equipo cuenta con aparatos auxiliares, instrumentos de medición de presión y dispositivos de seguridad, de acuerdo con lo siguiente:
  - o el rango de los instrumentos de medición de presión abarcan entre 1.5 y 4 veces la presión normal de operación; los instrumentos de medición de presión, aparatos auxiliares y dispositivos de seguridad deben estar sujetos a programas de revisión, mantenimiento, calibración. El punto de ajuste de los dispositivos de seguridad, debe estar de acuerdo con los requisitos para la operación segura del equipo, conforme lo indica el manual de mantenimiento del generador.



**Fig 9.1 Instrumentos de Control.**

- Los aparatos auxiliares de los generadores de vapor, deben mantenerse en condiciones seguras de operación.
- El desahogo de los fluidos a través de las válvulas de seguridad, debe dirigirse a un lugar donde no dañe a las personas ni al área de trabajo.

### **9.3 REGLAMENTACIÓN.**

Para la utilización de un generador de vapor se deben cumplir con regulaciones, códigos, estándares y especificaciones. El diseño debe cumplir con ciertas características técnicas y de seguridad, establecidas en estos reglamentos.

Los códigos son reglas de diseño y operación del equipo, para asegurar el servicio y un manejo seguro. Generalmente son preparados por comités de expertos en manufactura, usuarios, reguladores y técnicos profesionales en la materia; generalmente las regulaciones de gobierno son basadas en este tipo de códigos.

Los estándares son similares a los códigos, detallan requerimientos como clases de materiales o equipos. También definen un nivel mínimo de calidad, nomenclatura estandarizada, recomienda y prescribe reglas de procedimientos de diseño, instalación, operación, reparación y reemplazos.

Las especificaciones detallan características de un trabajo en particular. Proporcionan datos de cantidades y calidades de material, modos de fabricación y demás información que no es detallada en los dibujos. Las especificaciones son preparadas por el constructor y dirigidas al consumidor.

Es importante aclarar la diferencia de estos cuatro términos anteriormente mencionados. Las regulaciones y códigos son concernientes a la seguridad; y los estándares y especificaciones permiten conocer la mínima calidad y eficiencia del diseño.

El proyecto presentado esta apegado a dichas normas y códigos; En cuanto a códigos se refiere esto se toma en cuenta con el diseño presentado anteriormente en base a los cálculos realizados en el. Para cuestiones de seguridad, materiales, técnicas de fabricación, pruebas al sistema son más detalladas en los capítulos 4 al 7.



### **9.3.1 NORMA OFICIAL MEXICANA DE RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN Y CALDERAS –FUNCIONAMIENTO- CONDICIONES DE SEGURIDAD.**

La Norma Oficial Mexicana de recipientes sujetos a presión y calderas – funcionamiento- condiciones de seguridad. (NOM-020- STPS-2002, de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social), establece los requisitos mínimos de seguridad con la cuál deben contar los generadores de vapor o recipientes sujetos a presión que se instalen en los centros de trabajo, para la prevención de riesgos a los trabajadores y daños en las instalaciones.



**Fig 9.2 Secretaría del Trabajo.**

La norma solo rige en el territorio nacional y aplica a todos los centros de trabajo que utilicen este tipo de dispositivos. Dentro de las características que esta norma incluye son los campos de aplicación la cuál se refiere a los tipos de generadores o recipientes a presión que cumplen con las variables que la norma indica, con sus respectivas excepciones.

Existe una referencia con otras normas, es decir, al consultar otros códigos que también pueden ser aplicables a los generadores o recipientes sujetos a presión, se

identificarán puntos de seguridad similares. Para efectos de esta norma se hace referencia a algunos puntos que se deben ser verificados; entre los puntos se encuentra:

- Hablando de los elementos físicos, cualquier alteración, cambio o reemplazo al equipo que produzca el incremento de la temperatura o presión de trabajo diferente a la especificada en el diseño debe ser comprobado que no afectará la integridad del recipiente y posteriormente registrada.
- Aparatos auxiliares o de control, que sirven para supervisar las variables de la operación del equipo, por ejemplo los indicadores de nivel, los controles de presión, entre otros. Dispositivo de seguridad, cualquier válvula de seguridad, válvula de alivio de presión o cualquier otro elemento diseñado para liberar presión en exceso.
- Fluidos no peligrosos son aquellas sustancias químicas que tienen tres tipos de riesgos, a la reactividad, a la inflamabilidad y a la salud; según lo establecido en la NOM-018-STPS-2000. (Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.). La temperatura extrema, es la temperatura exterior de un equipo que puede provocar quemaduras a una persona.
- Manual que debe contener: Medidas de seguridad durante el arranque, operación, paro, y para el mantenimiento de los equipos, dispositivos, accesorios y equipos

auxiliares, así como los procedimientos para el control y manejo en situaciones de emergencia y retorno a condiciones normales.

- El certificado de fabricación es el documento redactado por el fabricante del equipo, en el que se establece, que el diseño, los materiales, la fabricación, las pruebas y inspección del equipo, se realizaron bajo lo establecido en el código usado durante su fabricación.
- Caldera; generador de vapor: es un aparato que se utiliza para generar vapor de agua o para calentar un fluido en estado líquido, mediante la aplicación de calor producido por la combustión de materiales, reacciones químicas, energía solar o eléctrica, utilizando el vapor de agua o los líquidos calentados fuera del aparato.
- Dispositivo de seguridad: es cualquier válvula de seguridad, válvula de alivio de presión diseñado para desahogar una presión, que exceda el valor de calibración o de desfogue establecido para la operación segura del equipo.
- Gas licuado de petróleo; gas L. P.: es un combustible en cuya composición química predominan los hidrocarburos butano y propano o sus mezclas
- Presión máxima de trabajo permitida: es la más alta presión que, según su diseño o con los espesores actuales, puede resistir un equipo sin deformarse permanentemente, ni presentar fugas.

- Recipiente sujeto a presión: aparato construido para operar con fluidos a presión diferente a la atmosférica, proveniente dicha presión de fuentes externas o mediante la aplicación de calor desde una fuente directa, indirecta o cualquier combinación de éstas.

### 9.3.2 EL CÓDIGO A.S.M.E. PARA RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN.

The American Society of Mechanical Engineers (A.S.M.E.), fundada en 1880, es una asociación educacional dedicada al avance del arte y ciencia de la ingeniería mecánica y las ciencias relacionadas.



**Fig. 9.3 Símbolo de A.S.M.E.**

The American Society of Mechanical Engineers (A.S.M.E.) Boiler and Pressure Vessel Code ha sido ampliamente adoptado, en su totalidad o en partes, por autoridades reguladoras en Norte América y otras partes del mundo. Es un documento que se compone de 11 secciones cada una con volumen sustancial de los diferentes aspectos de la materia.

Por ejemplo en sus sección VIII es aplicable a los recipientes a presión y comúnmente a los intercambiadores de calor. Sección I se relaciona con los generadores acuotubulares y pirotubulares. Otras secciones de interés de acuerdo con los generadores de vapor es la sección II, Especificaciones de Materiales; sección V, Pruebas No Destructivas; y sección IX, Calidad de Soldadura.

El código A.S.M.E. es continuamente re-definido y actualizado, revisiones y adiciones son publicadas semanalmente, y ediciones completas son editadas cada 3 años. Cuando las necesidades urgentes no cubren con lo existente, reglas temporales son formuladas en forma de códigos, para posteriormente ser estudiadas e incorporadas a la siguiente edición.

El objetivo primario del código es la seguridad, el interés de los usuarios de los generadores es de gran importancia. La protección mientras la unidad esta en servicio o se aprecia un margen de deterioro cuando esta fuera de servicio, también deben ser considerados como puntos de seguridad.

La formulación de las reglas para generadores y recipientes a presión considera los siguientes requisitos:

1. Presiones de diseño y operaciones máximas.
2. Formulas de diseño y métodos de cálculos, incluyendo:
  - a. Deformaciones de trabajo permitidos.

- b. Resistencia de materiales.
  - c. Espesor mínimo de placas y tubos.
- 3. Especificaciones de la Construcción, incluyendo:
  - a. Selección del material.
  - b. Técnicas de forma y fabricación.
  - c. Técnicas de soldadura.
- 4. Requerimientos de Instalación y Ajuste, incluyendo:
  - a. Método de sujeción.
  - b. Enmarcado.
- 5. Aplicaciones y Ajustes, incluyendo:
  - a. Medidas.
  - b. Válvulas de paro total.
  - c. Tubería de vapor.
  - d. Escape y alimentación de la tubería.
  - e. Columnas y tubos de agua.
- 6. Válvulas de Seguridad y Alivio, incluyendo:
  - a. Grado y capacidad de la descarga.
  - b. Métodos de instalación y tubería.

7. Pruebas Hidrostáticas e Inspección.

8. Datos del Reporte y Certificados de Inspección del Constructor.

El código ASME ha establecido una serie de símbolos para marcar generadores o recipientes a presión que son construidos e inspeccionados por este código y que cumplen con los requisitos. Entre ellos se encuentran.



**Fig. 9.4 Estampa ASME para Generadores ensamblados por otros diferentes al constructor.**



**Fig. 9.5 Estampa ASME para Generadores ensamblados por otros diferentes al constructor.**



**Fig. 9.6 Estampa ASME para las Válvula de Seguridad del Generador.**



**Fig. 9.7 Estampa ASME para la Presión en la Tubería.**



**Fig. 9.8 Estampa ASME para los Generadores de la División I.**



**Fig. 9.9 Estampa ASME para los Generadores de la División II.**



**Fig. 9.10 Estampa ASME para los Generadores de la División III.**



**Fig. 9.11 Estampa ASME para los Generadores de la División III.**





**Fig. 9.12 Estampa ASME para Válvulas de Seguridad de los Recipientes a Alta Presión.**



**Fig. 9.13 Estampa ASME para los Válvulas de Seguridad de los Generadores..**