

Introducción a la sección I “Reglas para la construcción de calderas de potencia” del Código ASME 2023 para calderas y recipientes a presión

Ing. Pablo Barral[†]

Sistemas de Almacenamiento

2 de agosto de 2024

Resumen

Esto es el resumen del texto.

Palabras clave: ASME, BPVC, calderas.

Disclaimer: The content of this article is for informational purposes only and does not constitute professional advice. The author assumes no responsibility for any actions taken based on the information provided in this article.

1. Introducción

1.1. alcance del código

Acá hablar de la estructura

Poner qué es y qué no es el código.

Cómo interactúa con un mercado, con un arbitraje, que es diseño y fabricación, estampas parciales y completas.

La diferencia con hacer un hermoso cálculo con la teoría de las cáscaras o con los elementos finitos, pero hay partes que después quedan descubiertas. El código es integral.

Código es como empírico, ojo con los márgenes que toma, ASME lo cambia, y los americanos son conocidos por sobredimensionar. Los europeos lo hicieron mejor y tuvieron que achicar el margen de seguridad.

1.2. calderas acuotubular y pirotubular

Mostrar caldera paquete, fotos, mostrar fotos internas de domos

1.3. limites de jurisdiccion

diferenciar con código ASME B31.1


[†]Departamento de Ing. Mecánica, Universidad de Buenos Aires; pbarral@fi.uba.ar; 



Figura 1: TBD.

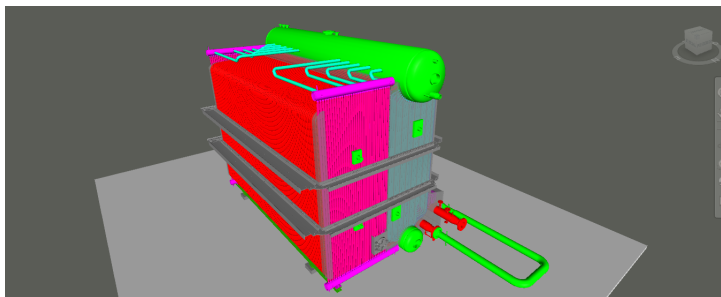


Figura 2: TBD.

2. Diseño

2.1. Componentes cilíndricos bajo presión exterior

El código indica, en el apartado **PG-27.2.2**, la expresión que debe utilizarse para determinar el espesor mínimo requerido para los caños (*pipng*), los domos (*drums*), las envueltas (*shells*) y los colectores (*headers*).

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot E + 2 \cdot y \cdot P} + C \quad (1)$$

Aquí:

- **D** es el diámetro exterior del componente cilíndrico. Una denominación alternativa es **OD** (*outside diameter*).

El diámetro que debe utilizarse es el real, no el nominal. La unidad en que debe expresarse en la ecuación 1 es mm.

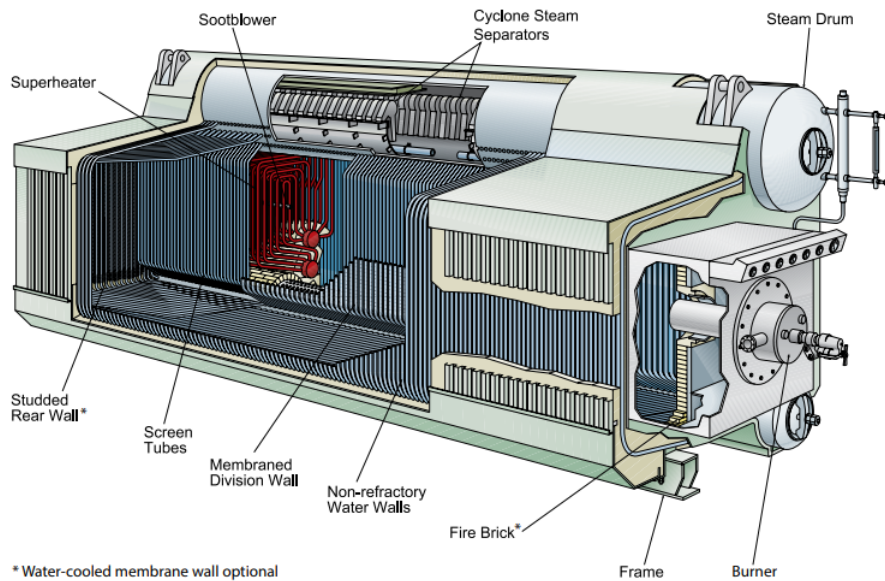


Figura 3: TBD.

Por ejemplo, para un caño de $NPS = 10\text{ in}$ (*nominal pipe size*), el diámetro nominal es $DN = 250\text{ mm}$ mientras que el diámetro exterior es $OD = 273,1\text{ mm}$. En este ejemplo, este último es el que debe utilizarse.

Estos diámetros se establecen en el estándar **ASME B36.10M**, representando la M al estándar en el sistema métrico.

- **P** es la máxima presión admisible de trabajo (*MAWP* o *maximum allowable working pressure*). La presión que debe utilizarse, interna en este caso, es la manométrica o relativa al ambiente, ya que el esfuerzo sobre la pared del componente se genera a partir de la diferencia de fuerzas entre las originadas por la presión absoluta interior y la exterior (la atmosférica). Su definición se encuentra en el apartado **PG-21**. La unidad en que debe expresarse en la ecuación 1 es MPa(g).

- **S** es la máxima tensión admisible a la temperatura de diseño del metal. En el apartado **PG-23** se indica que este valor máximo de tensión admisible puede encontrarse en la **sección II, parte D, subparte 1, tablas 1A y 1B** del **BPVC**.

La unidad en que debe expresarse en la ecuación 1 es MPa.

Más detalles pueden encontrarse en el apartado **PG-27.4.2**.

- **E** es un valor adimensional denominado eficiencia. Más detalles pueden encontrarse en el apartado **PG-27.4.1**.
- **y** es un coeficiente adimensional de temperatura. Más detalles pueden encontrarse en el apartado **PG-27.4.6**.



Figura 4: TBD.

- **C** es un ajuste o margen mínimo para que el componente tenga rigidez estructural (por ejemplo, que no sea sensible a posibles abolladuras por golpes en la manufactura, el transporte, en el caso de que algún operario se pare sobre este), y para tener en cuenta el roscado.

Este margen se suma de manera directa, es un agregado al espesor requerido por el cálculo basado en la presión, el diámetro, la tensión admisible, la eficiencia y el coeficiente de temperatura.

Más detalles pueden encontrarse en el apartado **PG-27.4.3**.

En **PG-27.4.3** se establece que *C* no incluyen ningún margen por una posible corrosión o erosión, por lo que este margen debe aplicarse en los casos en que sea necesario.

El código indica, en el mismo apartado, la expresión que debe utilizarse para determinar el espesor mínimo requerido a partir del radio interior (en lugar de determinarlo respecto del diámetro exterior). Además, incluye las expresiones para determinar la presión interior máxima admisible de trabajo que soportan los componentes a partir de su espesor, tanto para el caso en que se conoce el diámetro exterior como el caso en que se conoce el radio interior.

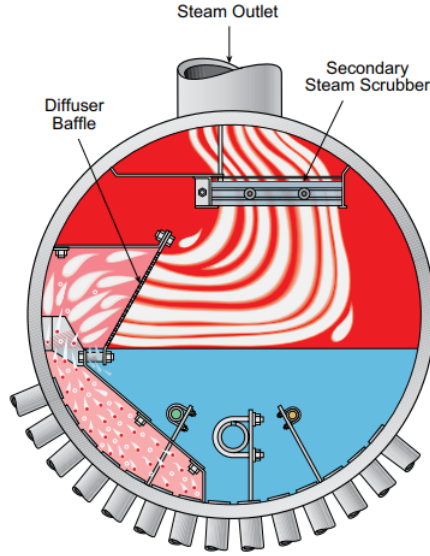


Figura 5: TBD.

2.1.1. Relación con los esfuerzos teóricos

La ecuación 1 puede relacionarse con la expresión de cálculo de la tensión en la dirección circunferencial σ_θ (*hoop or circumferential stress*), a veces llamada tensión tangencial, para un cilindro de pared delgada sometido a una presión interior manométrica o relativa al ambiente:

$$\sigma_\theta = \frac{P \cdot d}{2 \cdot t} \quad (2)$$

Reagrupando,

$$t = \frac{P \cdot d}{2 \cdot \sigma_\theta} \quad (3)$$

La expresión 2 se deriva de un equilibrio estático de fuerzas entre la inducida por la presión interior (calculada a partir de la superficie proyectada) y la tensión que se genera en el espesor, por lo que aquí d es el diámetro interior. Ver la figura 8.

Un recipiente puede considerarse de pared delgada si el diámetro es, al menos, unas 20 veces el diámetro. Por lo tanto, para estos casos, la diferencia entre adoptar d como el diámetro interior o exterior es despreciable.

La tensión en la dirección longitudinal σ_L (*longitudinal stress*), en el caso de que el cilindro tenga tapas, se calcula como

$$\sigma_L = \frac{P \cdot d}{4 \cdot t} \quad (4)$$

La expresión 4 se deriva de un equilibrio estático de fuerzas entre la inducida por la presión interior (calculada a partir de la superficie proyectada) y la tensión que se genera en el espesor, por lo que aquí d es el diámetro interior. Ver la figura 9.

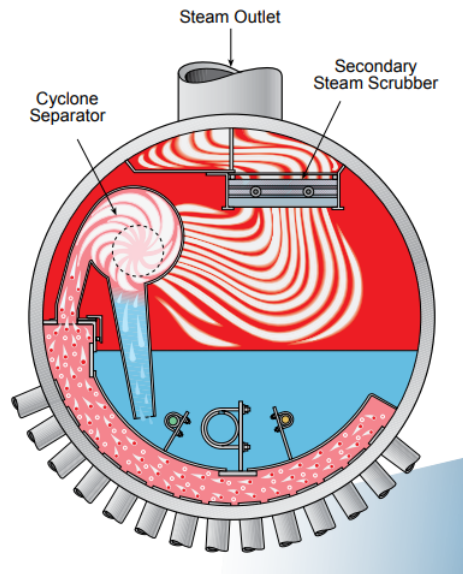


Figura 6: TBD.

Para un recipiente de pared delgada, la tensión en la dirección radial σ_r (*radial stress*) es mucho menor que las otras dos tensiones, y puede desestimarse. Por lo tanto, el sistema conforma un estado plano de tensiones perpendiculares entre sí, siendo σ_θ y σ_L las tensiones principales de ese sistema.

Nota importante: Si bien las ecuaciones 1 y 2 están relacionadas, la que debe utilizarse al diseñar según el código es 1, ya que esta contiene las características del material y sus propiedades, los efectos de la merma de resistencia del material por el efecto de la temperatura de diseño, la adopción de un coeficiente de seguridad, el debilitamientos en el caso de que el cilindro esté agujereado, el debilitamiento por las costuras de la soldadura, la adopción de un margen para una resistencia estructural propia ante golpes o abolladuras, el efecto del estado plano de tensiones, etc.

2.1.2. Ejemplo de cálculo

Supongamos que se quiere dimensionar el espesor del domo de una caldera acuotubular. Consideremos una MAWP = 75 bar(g), una temperatura de diseño $T = 290^\circ\text{C}$, que el diámetro exterior es $D = 69,5 \text{ in} = 1765,3 \text{ mm}$ que el material es SA-516 Gr. 70 y, únicamente para los fines de este ejemplo, que el domo no posee costuras de soldadura.

Determinando la eficiencia, el coeficiente de temperatura, la máxima tensión admisible a la temperatura de diseño del metal y considerando que no debe adicionarse el margen C , al reemplazar en 1, resulta

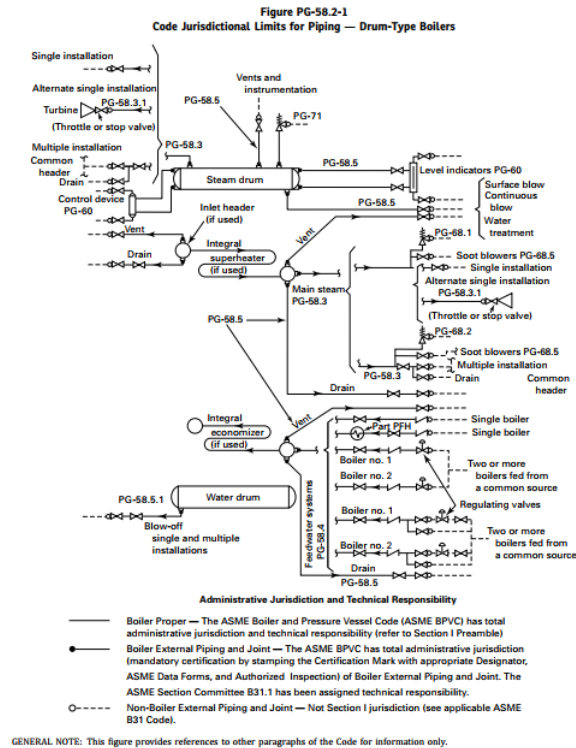


Figura 7: *Límite de la jurisdicción del BPVC para las cañerías. Para calderas con domo.*

$$t = \frac{7,5 \text{ MPa(g)} \cdot 1765,3 \text{ mm}}{2 \cdot 137,6 \text{ MPa} \cdot 1,0 + 2 \cdot 0,4 \cdot 7,5 \text{ MPa(g)}}$$

$t = 47,08 \text{ mm}$

2.2. Material

Acá quiero mostrar:

1. La limitación de que el material tiene que estar en ASME II. PG-5.
2. Para chapa (plate), veo PG-6.
3. Para el ejemplo, dar las características del acero que utilizo. Sus valores de resistencia mecánica, las notas que lo rigen, el gráfico que hice, el valor de resistencia mecánica. ASME Parte 2
4. Los apéndices no mandatorios del código ASME II sobre grafitización.
5. La composición y el estándar ASTM que me rige. Esta en ASME II Parte A.

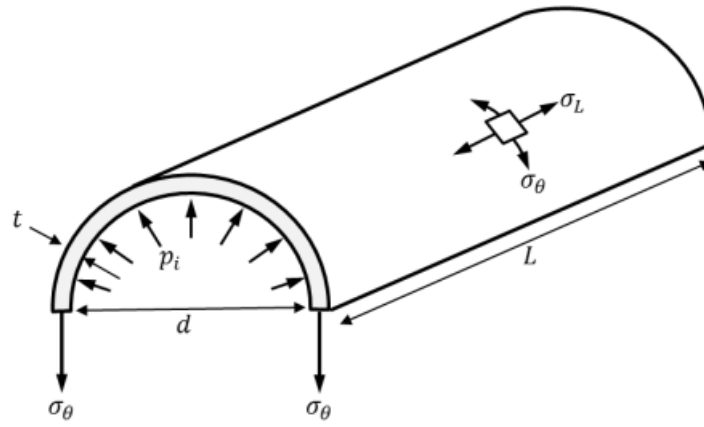


Figura 8: *Cilindro sometido a una presión interior.*

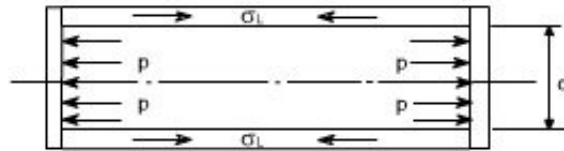


Figura 9: *Cilindro sometido a una presión interior.*

Columna 1	Columna 2
Fila 1, Col 1	Fila 1, Col 2
Fila 2, Col 1	Fila 2, Col 2
Fila 3, Col 1	Fila 3, Col 2
Fila 4, Col 1	Fila 4, Col 2
Fila 5, Col 1	Fila 5, Col 2
Fila 6, Col 1	Fila 6, Col 2

Cuadro 1: Ejemplo de tabla con dos columnas y seis filas

2.3. MAWP

2.4. Temperatura de diseño

2.5. Tensión admisible

2.6. Eficiencia

2.7. Coeficiente de temperatura

1. Aquí voy a poner la temperatura de diseñp

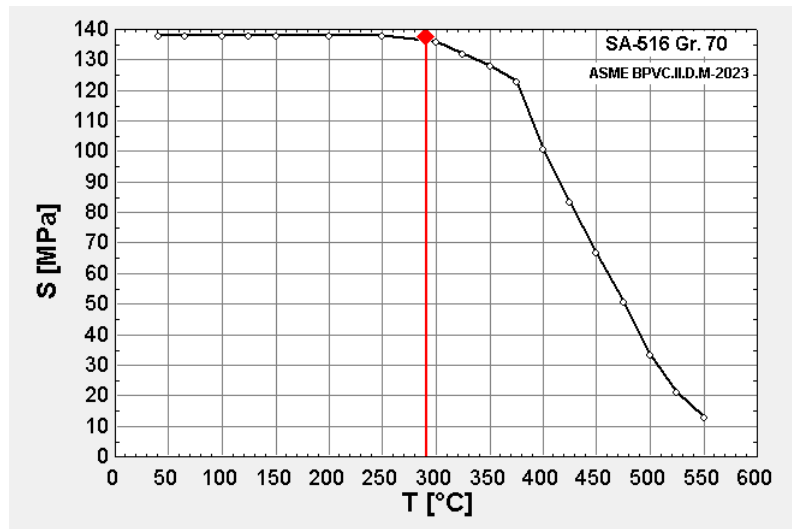


Figura 10: *TBD*.

3. Ligamentos

4. Derivaciones y compensaciones

5. Válvulas de seguridad

6. Comentarios finales y conclusiones

Poner aca todo lo que dejamos por afuera, o mencionar algunas de las partes.
Concluir algo.

7. Anexo

7.1. Incluir Archivo Binario

Puedes descargar el archivo binario haciendo clic en el enlace a continuación:



graph.EES

Índice

1. Introducción	1
1.1. alcance del código	1
1.2. calderas acuotubular y pirotubular	1
1.3. limites de jurisdiccion	1
2. Diseño	2
2.1. Componentes cilíndricos bajo presión exterior	2
2.1.1. Relación con los esfuerzos teóricos	5
2.1.2. Ejemplo de cálculo	6
2.2. Material	7
2.3. MAWP	8
2.4. Temperatura de diseño	8
2.5. Tensión admisible	8
2.6. Eficiencia	8
2.7. Coeficiente de temperatura	8
3. Ligamentos	9
4. Derivaciones y compensaciones	10
5. Válvulas de seguridad	11
6. Comentarios finales y conclusiones	12
7. Anexo	13
7.1. Incluir Archivo Binario	13

Referencias

- [1] ASME (2023), *Boiler and Pressure Vessel Code (An International Code) - Section I “Rules for Construction of Power Boilers”*, ASME.
- [2] ASME (2023), *Boiler and Pressure Vessel Code (An International Code) - Section II “Materials” - Part A "Ferrous Material Specifications Volume 1 & 2*, ASME.
- [3] ASME (2023), *Boiler and Pressure Vessel Code (An International Code) - Section II “Materials” - Part D "Properties (Metric)"*, ASME.
- [4] ASME (2023), *Boiler and Pressure Vessel Code (An International Code) - Section VII “Rules for Construction of Pressure Vessels” - Division 1*, ASME.