



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"CAMPUS ARAGÓN"

INSPECCIÓN DE RECIPIENTES A PRESIÓN  
NO EXPUESTOS A FUEGO DIRECTO

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A N  
*JUAN JOSE TAPIA CABRERA*  
*SERGIO RAMOS ALAMILLO*

ASESOR: ING. JOSE LUIS GARCIA ESPINOSA



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.

#### Agradecimientos:

A mis queridos Padres Sr. Juan Tapia Reyes Velasco y Sra. Piedad Cabrera Martínez Quijada. que con su ejemplo y amor me indujeron a buscar siempre la cara buena de la vida. Gracias eternas.

A mi amada Esposa Dra. María Silvia Romero Sánchez, con su guía y apoyo incondicional realizamos nuestros objetivos conjuntos que nos trazamos y como desde el inicio siempre juntos.

A mis queridos hijos: Juan Elías Zen Tapia Romero por el ejemplo que me brinda a diario con su fe y esperanza de una persona que esta en el equilibrio. Silvia Licet Tapia Romero por su gran imaginación en que de me muestra que se puede realizar a diario los deseos, somos lo que pensamos.

Al recuerdo de una gran ser que me enseñó la armonía, paz, tranquilidad, amor, perdón, el éxito, y la fortuna un pensamiento hacia ella, mi abuela Basilisa Martínez Quijada.

A mis maestros (A) a mi maestro (SP, SJ).

#### A Mis Hermanos:

C.P. Miguel Angel Tapia Cabrera y familia (Gladis, Israel, Ana y Alan), gracias por los caminos que me has mostrado desde la niñez y que la entereza se de muestra

C.P. Rosa María Tapia Cabrera y familia (Victor y Eduardo), gracias por el estudio en la naturaleza y la astrología y que después de todo somos un aló del ser superior.

Isaac Tapia Cabrera y Familia (Vanesa y Beto Nieves), gracias por mostrar que la vida es bella y sobre todo siempre alegre

Juan C. Tapia Cabrera y Familia (Marisol y Dany), por su análisis en base a la actitud de silencio y respeto.

Sra. Olga Sánchez Trejo, gracias por su aceptación desde los inicios y las largas platicas sostenidas

Sr. José Trinidad Romero Tovar, al recuerdo, por esas grandes charlas que celebramos acerca de la vida

Ing. José Trinidad Romero Sánchez y Familia ( Angeles , Alejandro y José ), por su pragmatismo

Lic. Hector Romero Sánchez( Rosita, Jessica y Hector), por su gran fe antes que todo y esa gran fuerza física intelectual para llegar a los designios trazados

Dra. Olga Romero Sánchez y Familia por mostrar que la tenacidad y la fe ( que diario inicia un nuevo día) están de su mano.

Pablo Romero Sánchez y Familia, la esperanza siempre esta presente

Lic. Marta Romero Sánchez y Familia, por la lucha que se libra en el diario vivir

Lic. Alberto Romero Sánchez y Familia que la actitud positiva es a diario

Lic. Armando Romero Sánchez y Familia, por enarbolar su preocupación al procurar ayudar a sus semejantes

A mis queridos Tíos: Isabel y José, Tere y Fausto (incluye a Naivi), Enrique y Ofelia

A mis Maestro de las Escuelas:

Primaria Club 20, 30 ( la maestra (s) Norma, Victoria y Cruz)

Secundaria Técnica Industrial No. 74

Colegio de Bachilleres 3

ENEP Aragón (Ing.(s) Casiodoro Domínguez (por su ejemplo), Galán Carretero y Pedro Sánchez)

Por la formación académica que dieron cada uno de ellos y el regalo de su tiempo, que mejor herencia.

A los siguientes Ingenieros que me concedieron su amistad, conocimientos, enseñanza a la aplicación de la ingeniería en la vida practica, y su gran influencia en mi formación profesional:

Jorge Ortiz, Enrique Alabat Sánchez, Ismael Mendoza Serrano, Manuel Hernandez Cortes, Jorge Anguiano Gaspar, Felipe Sánchez Valdés, Eduardo Vázquez Domínguez, Regino Castro Sarmiento, Antonio Moreno Cortes, Eduardo Albores Constantino, Humberto Fernández Ramírez, Benito Panamá, Ricardo Gracia Narvaes, Javier Contreras Haorta, Gonzalo Flores Giron, Rafael Paullada Lavalle, Enrique Cabrera Bravo ( ese es el tío), Jorge Olaya, Alvaro Sosa y Ortiz, Luis Ceballos Cabello ( un equipaso de miedo), Cesar Barandiaran Flores, Arturo Susarey Añel, José Schatz Levy, Antonio Pérez Bolde Aguilera ( a su recuerdo de como actúa un gran negociador), Ernesto Ríos Montero, José Mendoza Fernández.

Extra especiales Gracias a Ing. Enrique Farias Cuervo, por su gran ayuda, instrucción y consejos.

Extra especiales gracias a la enseñanza, Ing.(s) Miguel Hernandez Chacon, Graciela del Pino de Hernandez y el Sr. José Leguisamo a Masdasna Ing. Roberto Ramos Liaño.

A mis amigos desde la infancia:

Profe. Rafael Zaragoza Sánchez, Lic. Rafael Montesinos Carrera, Héctor Ramírez Aranda, Profe. Francisco Ríos, Lic. Rafael Pujol, Rafa (donde estas?), Raúl Greñas Fernández, Lic. German Zepeda

Extra Extra Especiales gracias para todos aquellos que con su pensamiento convinieron no se lograría los objetivos proyectados, en consecuencia me impulsaron y me enseñaron a transformar la energía negativa por positiva, gracias a ellos nuevamente, Ustedes saben quienes son.

Gracias Especiales:

Ing. José Luis García Espinosa por su apoyo

Ing. Sergio Ramos Alamillo (se logro, Sergio)

Juan José Tapia Cabrera

A mis padres. Raúl Ramos y Rosalía Alamillo.  
Con mi admiración y gratitud, por su apoyo y paciencia  
para que pudiera culminar mis estudios de licenciatura.

A mis dos luceros. Selene y Sergio, que han  
iluminado mi camino por la vida.

A mi esposa. Bernardina Sarmiento, por su gran apoyo  
y comprensión en los momentos más difíciles de mi vida.

## INDICE

	Páginas
<b>INTRODUCCIÓN</b>	04
<b>Capítulo I. GENERALIDADES DE RECIPIENTES A PRESIÓN</b>	
1.1 Definición de Conceptos	06
1.1.1 Terminología	06
1.2 Conceptos Generales	11
1.2.1 Clasificación de Recipientes	11
1.2.1.1 Tanques Atmosféricos	11
1.2.1.2 Tanques para baja presión	11
1.2.1.3 Recipientes sujetos a presión no expuestos a fuego directo	11
<b>Capítulo II. ACEROS</b>	
2.1 Conceptos básicos	13
2.2 Aleación	14
2.2.1 Aceros al carbono	15
2.2.2 Aceros aleados	16
2.2.3 Aceros de baja aleación	16
2.2.4 Aceros de alta aleación	18
2.2.5 Efectos de los elementos aleantes del acero	20
2.3 Especificaciones ASTM de placas y forjas para recipientes a presión	21
<b>Capítulo III. NORMATIVA APLICABLE EN RECIPIENTES A PRESIÓN</b>	
3.1 Sistema de identificación y nomenclatura de los aceros	26
3.1.1 Clasificación AISI	26
3.1.2 Especificaciones ASTM	30
3.1.3 Especificaciones ASME	32
3.1.4 Sistema Unificado de Numeración (UNS)	33
3.2 Código ASME	35
3.2.1 Breve Historia del Código ASME	35
3.2.2 Alcance del Código ASME	37
3.2.3 Secciones que Integran el Código ASME	41
3.2.4 Normativa que Gobierna el Diseño, Fabricación e Inspección	42

## Capítulo IV. CALIDAD

4.1	Calidad	49
4.2	Control de calidad	50
4.3	Aseguramiento de calidad	54
4.4	Inspección	56

## Capítulo V. CRITERIOS Y PARÁMETROS DE LA INSPECCIÓN

5.1	Responsabilidades del fabricante, cliente e inspector	61
5.2	Revisión de documentos de calidad	63
5.3	Inspección de materiales y en el proceso de fabricación	67
5.4	Atestiguamiento de pruebas y ensayos no destructivos (END)	72

## Capítulo VI. DESARROLLO DE LA INSPECCIÓN DE UN RECIPIENTE A PRESIÓN

6.1	Hoja de datos	77
6.2	Memoria de cálculo	77
6.3	Dibujos de fabricación	77
6.4	Formatos Generales de Registros de Calidad	77
6.4.1	Especificación del Procedimientos de soldadura	77
6.4.2	Registro de Calificación del Procedimiento de Soldadura	77
6.4.3	Registro de Calificación del Soldador u Operario de Máquina de Soldar.	77
6.4.4	Certificados de Materiales (placa, tubería, bridas)	77
6.4.5	Reporte de Formado de Tapas	77
6.4.6	Reporte de Ensayos No Destructivos (radiografía, pintura)	77
6.4.7	Reporte de Prueba Hidrostática	77
6.4.8	Plan de Inspección	77
6.5	Documentación del Código ASME	77
6.6	Conclusiones del Caso Práctico	133

## CONCLUSIONES

## **Introducción**

En la Industria Petrolera, Petroquímica, Eléctrica, Farmacéutica, de Tratamiento de Agua, Papel, etc. Se requieren recipientes sujetos a presión, no expuestos a fuego directo, para el manejo y almacenamiento de fluidos de proceso en fase líquida y gas que designaremos únicamente como Recipientes a Presión.

Anualmente estas Industrias presentan cuantiosas pérdidas económicas y en ocasiones ocurren desgracias humanas por deficiencias y fallas en los recipientes a presión que se encuentran en operación y / o fabricación, las cuales regularmente son ocasionadas por los siguientes factores:

- Un diseño inapropiado
- Una mala fabricación
- Uso impropio del recipiente (condiciones de presión, temperatura, etc.)
- Información incompleta proporcionada por el usuario (cliente) al ingeniero de diseño
- Una inspección deficiente ó no efectuada

Considerando los factores antes enunciados; la actividad de inspección es una de las fases de mayor importancia en los proyectos y plantas industriales, dado que establece las medidas necesarias para eliminar, minimizar, prevenir ó controlar los riesgos que actúan en el Diseño, Procuración, Fabricación, Traslado, Montaje, Puesta en Marcha y Mantenimiento actividades que si se desarrollan de una manera óptima, anticipan:

- Que se cumpla con las tres premisas objeto de un proyecto, esto es, tiempo, calidad y costo.
- La entrega oportuna del equipo, con la cual se evitan atrasos en la ruta crítica de montaje, arranque de una planta y / u operación.
- Disminución de las fallas causadas por: defectos de fabricación, mala calidad de materiales, mano de obra no calificada.

Tomando en cuenta los argumentos expuestos, el presente trabajo tiene como propósito:

### **General.**

Plasmar la experiencia adquirida en 18 años de trabajar en el área de inspección de componentes para la construcción de plantas industriales y resaltar la trascendencia, utilidad, el costo - beneficio y valor agregado que se puede obtener al ejecutar las actividades de inspección, en recipientes a presión, que generalmente no están citadas en el alcance de requisiciones, referidas en las especificaciones particulares del cliente, ni indicadas en las órdenes de compra.

## **Específico.**

- En el Capítulo I: Definir la terminología técnica que aplica en el Diseño, Fabricación, Pruebas, Calidad y la clasificación de recipientes con la finalidad de unificar el criterio del personal que interviene en estas etapas del proceso.
- En el Capítulo II: Precisar los conceptos básicos, clasificación de los aceros y enumerar las especificaciones ASTM de placas y forjas utilizadas en la fabricación de recipientes a presión.
- En el Capítulo III: Especificar la normativa y parámetros que rigen las actividades de inspección para encauzar bajo una base técnica las discrepancias que puedan presentarse en la aceptación o rechazo del equipo.
- En el capítulo IV: Describir los conceptos básicos de calidad que debe conocer el personal técnico que efectúe las actividades de inspección en recipientes a presión.
- En el Capítulo V: Delinear las actividades, obligaciones y responsabilidades, para establecer los alcances, de las entidades involucradas en las diferentes fases de ejecución de las labores de Inspección.
- En el Capítulo VI: Exponer la secuencia de las actividades de inspección en un caso práctico, aplicando los conceptos enunciados en los capítulos anteriores.

## **Capítulo I. GENERALIDADES DE RECIPIENTES A PRESIÓN.**

### **1.1 Definición de conceptos.**

En toda actividad ó profesión siempre es necesario el manejo de un lenguaje convencional, cuya finalidad es uniformizar el concepto de los términos más utilizados en ciertos ámbitos de aplicación, para evitar errores de interpretación.

En el caso particular que nos ocupa, se considera imprescindible que el personal que ejecute labores de inspección, este familiarizado con las definiciones de los vocablos técnicos, más usuales, en las diferentes etapas de desarrollo de un recipiente a presión.

Lo anterior redundara en una comunicación fluida y expedita, que facilitará la comprensión y entendimiento del inspector con el personal que participa en las áreas de: Diseño, Adquisición de Materiales, Fabricación, Control y Aseguramiento de Calidad y Mantenimiento. Razón por lo cual es de suma importancia tener como referencia un glosario que vinculé las actividades de inspección con las diferentes disciplinas que intervienen en las fases productivas.

La definición de los términos que se detallan en el siguiente Glosario, tienen significados y aplicaciones específicas más amplias que las definiciones genéricas descritas en los diccionarios.

#### **1.1.1 Terminología.**

- **Acción Correctiva**

Disposición tomada para corregir una condición adversa a la calidad y evitar ó minimizar su recurrencia

- **Aceptación por el Inspector**

La expresión “Aceptación por el Inspector” ó “Aceptado por el Inspector” empleada en el Código ASME Secc. VIII Div. 1, se entiende que el inspector después de revisar el equipo y cumplir con sus obligaciones, descritas en dicho documento, tiene la autoridad para liberar y firmar el certificado de inspección anexo en el reporte de datos del fabricante. Tal expresión no implica que el inspector asuma alguna responsabilidad del fabricante de recipientes a presión.

- **Almacén**

Recinto y/o zona destinada para guardar, custodiar y controlar la salida y entrada de materiales

- **Aseguramiento de Calidad**

Conjunto de actividades, planeadas y sistemáticas que lleva a cabo una empresa, con el objeto de brindar la confianza apropiada, de que un producto o servicio cumpla con los requisitos de la calidad especificada

- **Calidad**

Conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confiere la aptitud para satisfacer las necesidades explícitas o implícitas preestablecidas

- **Calificación del Procedimiento de Soldadura**

Documento en el que están registrados los resultados de las pruebas de las muestras ensayadas y parámetros reales con que se efectuó la soldadura en las probetas, y serán empleados en la fase de producción

- **Certificado de Cumplimiento**

Documento que emite el fabricante y/o proveedor certificando que el material suministrado, se fabricó y se le efectuaron las pruebas de acuerdo a los requerimientos indicados en la especificación del material

- **Certificado de Materiales**

Documento ó documentos en el cual están registrados los resultados de pruebas, reparaciones, composición química, tratamientos térmicos, requerimientos suplementarios ó especiales, indicados en la especificación de fabricación del material.

- **Control de Calidad**

Conjunto de métodos y actividades de carácter operativo tales como medir, examinar, probar ó ensayar que se utilizan para satisfacer el cumplimiento de los requerimientos de calidad establecidos, una ó más características de un producto específico, servicio y comparar a éstas con las exigencias y requisitos específicos para determinar su conformidad.

- **Defecto**

El no cumplimiento de los requisitos de uso propuesto ó señalado

- **Discontinuidad**

Interrupción de la estructura de un material, como por ejemplo, la falta de homogeneidad en sus características mecánicas, físicas, metalúrgicas

- **Documento**

Cualquier información escrita que se registra, reporta define y certifica actividades, requerimientos, procedimientos.

- **Ensayos no Destructivos**

Pruebas que se realizan al producto las cuales no alteran en forma alguna las propiedades mecánicas y físico- químicas del mismo.

- **Equipo**

Cualquier unidad terminada que se puede usar para el propósito para el cual fue fabricado sin necesidad de efectuar un ensamble o proceso adicional.

- **Especificación**

Documento que establece los requisitos ó exigencias que el producto o servicio debe de cumplir.

- **Evidencia Objetiva**

Hechos reales que se observan y documentan.

- **Falla**

Cualquier condición que hace que un producto o servicio se comporte de manera diferente a la función especificada.

- **Fabricante de Material**

La organización que ejecuta supervisa y controla directamente una ó más de las operaciones que afectan las propiedades del material y además certifica los resultados de pruebas, reparaciones, tratamientos requeridos por la especificación correspondiente.

- **Fabricante de Recipientes a Presión**

Empresa que fabrica recipientes sujetos a presión, componentes ó partes del recipiente, bajo las reglas del código ASME.

- **Fiabilidad**

Capacidad de un producto, elemento ó dispositivo para cumplir una función requerida bajo las condiciones dadas y para un período de tiempo establecido.

El termino de Fiabilidad también se utiliza como una característica que designa una probabilidad de buen funcionamiento (éxito) o un porcentaje de éxito

- **Gestión de Calidad**

Función general de la gestión que determina e implanta la política de calidad que incluye la planeación estratégica, la asignación de recursos y otras acciones sistemáticas en el campo de la calidad, desarrollo de actividades operacionales y de evaluación relativa a la calidad.

- **Grado / Clase**

Indicador de categoría o de rango referido a las propiedades o características de un producto o servicio, para cubrir diversas necesidades destinadas a un mismo uso funcional.

- **Grupo Auditor**

Es el conjunto de individuos que se integran para realizar una auditoria bajo la dirección de un auditor líder.

- **Inspección**

Vigilancia y seguimiento para verificar el cumplimiento de códigos y normas aplicables en la fabricación de un producto o prestación de servicio, y revisión de los registros de calidad con relación a las referencias establecidas, con el fin de asegurar que se cumpla los requerimientos de calidad especificados.

- **Inspector**

Es el representante del cliente (propietario) y/o firma de ingeniería encargado de verificar el cumplimiento y aplicación del código ASME, normas y / o especificaciones en la fabricación de un recipiente a Presión.

- **Material**

Cualquier producto que esta cubierto por el Código ASME Sección II partes A, B, y C.

- **No Conformidad**

El no cumplimiento de los requisitos establecidos.

- **Norma**

Conjunto de especificaciones para partes, materiales o procesos creada para lograr uniformidad, eficiencia y una calidad especificada.

- **Plan de Calidad**

Documento que establece las practicas operativas, los procedimientos, los recursos y la secuencia de las actividades relevantes de calidad, referente a un producto, servicio, contrato o proyecto en particular.

- **Procedimiento**

Documento que especifica o describe como debe de desarrollarse una actividad; puede indicar métodos y equipos que se usaran y la secuencia de operación.

- **Procedimiento de Soldadura**

Documento en el cual se describen los parámetros con que se ejecutara el proceso de soldadura en la etapa de fabricación. Sirve como guía al soldador u operador de la máquina de soldar para asegurar el cumplimiento de los requerimientos del Código ASME Sección IX.

- **Producto / Servicio**

- A) El resultado de actividades ó procesos (Productos, materiales ó tangibles; productos no materiales o intangibles, tales como un programa de computadora, un diseño o proyecto o un instructivo).
- B) Actividad ó Proceso (Tales como la prestación de un servicio o la ejecución de un proceso productivo).

- **Proveedor**

Organización o individuo que suministra un material, certificado por el fabricante, pero no ejecuta operaciones que afecten las propiedades del material.

- **Prueba Hidrostática**

Mantener presurizado un recipiente cerrado herméticamente y lleno de agua, a una presión manométrica fija, durante un periodo de tiempo previamente establecido ó tiempo necesario para que el Inspector pueda revisar cada una de las uniones soldadas del recipiente.

- **Prueba Neumática**

Mantener presurizado un recipiente, cerrado herméticamente y conteniendo aire ó gas, a una presión manométrica fija, durante un periodo de tiempo previamente establecido ó tiempo necesario en que el Inspector pueda revisar cada una de las uniones soldadas del recipiente.

- **Rastreabilidad**

Capacidad de reencontrar o reconstruir la historia, la aplicación ó la localización de un elemento y actividades similares, por medio de registros de identificación.

- **Recipiente a Presión**

Vasija fabricada para operar con fluidos a presión interna ó externa, que exceda a 103 Kpa (15 Psig) la cual puede ser obtenida de una fuente externa o por la aplicación de calor de una fuente directa, indirecta o una combinación de ambas.

- **Registro de Calidad**

Evidencia objetiva que avala las actividades dentro del sistema de calidad.

- **Registro de Calificación de Soldador u operador de máquina automática para soldar.**

Documento en el que se anotan los resultados de ensayo de doblez guiado o radiografía efectuada en una probeta, que avala la habilidad del soldador u operador para efectuar una soldadura con calidad.

- **Sistema de Calidad**

Estructura organizacional, conjunto de recursos, responsabilidades y procedimientos establecidos para asegurar que los productos, procesos o servicios cumplen satisfactoriamente con el fin al que están destinados y que están dirigidos hacia la gestión de la calidad.

## **1.2 CONCEPTOS GENERALES.**

### **1.2.1 Clasificación de recipientes**

En la actualidad se fabrican diversos tipos de recipientes, dependiendo de las necesidades del usuario, con un alto grado de seguridad y razonablemente económico; pero que si se realiza un mal diseño, fabricación y/o inspección pueden causar severos daños y/o trastornos en las plantas industriales.

El área disponible para la cimentación, la función en el proceso, la capacidad volumétrica, presión y temperatura de operación, son factores que intervienen para el diseño y clasificación de los recipientes, que en general se dividen en:

#### **1.2.1.1 Tanques atmosféricos.**

Son recipientes cilíndricos verticales de fondo plano, que pueden ser abiertos ó cerrados en la parte superior.

Usualmente son utilizados para almacenar fluidos en fase líquida y se diseñan para trabajar a presiones que varían desde la presión atmosférica hasta 3.44 Kpa. (0.5 lb/pulg<sup>2</sup>) manométricas.

Su diseño y manufactura debe de cumplir con la norma API 650. Tanques de acero soldado para almacenamiento de petróleo (ANSI/API 650).

#### **1.2.1.2 Tanques para baja presión.**

Son recipientes cilíndricos verticales u horizontales, por lo general cerrados.

Se usan para almacenar fluidos en fase líquida y se diseñan para operar a presiones comprendidas entre 3.44 Kpa (0.5 lb/pulg<sup>2</sup>) hasta 103 Kpa (15 lb/pulg<sup>2</sup>) manométrica.

Su fabricación y diseño debe de estar fundamentado en la norma API 620. Diseño y fabricación de tanques de almacenamiento para baja presión (ANSI/API 620).

#### **1.2.1.3 Recipientes sujetos a presión no expuestos a fuego directo.**

Es una vasija cerrada diseñada para contener un fluido en fase líquida ó gaseosa a una presión diferencial entre su interior y exterior, ó viceversa, superior a 103 Kpa (15 lb/pulg<sup>2</sup>) manométrica.

Su construcción y diseño esta gobernado por el Código ASME Secc. VIII div. 1 Reglas para la fabricación de recipientes a presión.

Se clasifican por su uso y geometría.

Por el uso se agrupan en recipientes para almacenamiento y recipientes para proceso.

Los recipientes para almacenamiento se emplean generalmente para el depósito de fluidos a presión, en fase líquida, gas ó ambas y se designan como: tanques de condensado, tanques de flasheo, tanques acumuladores.

Los recipientes para proceso cumplen una función específica en el desarrollo de un proceso como: disminuir ó incrementar la temperatura de un fluido, separar el vapor del agua, etc. Entre estos se puede mencionar: los intercambiadores de calor, sobrecalentadores y domos de vapor.

Por su geometría; son de forma cilíndrica y esférica.

Los recipientes cilíndricos se fabrican para que su montaje, en la cimentación, sea en posición vertical u horizontal.

Los recipientes esféricos se utilizan para el almacenamiento de grandes volúmenes de fluidos a diferentes presiones. Su fabricación incrementa considerablemente su costo con respecto a los de forma cilíndrica.

## Capítulo II. ACEROS

### 2.1 Conceptos básicos

Toda la materia esta compuesta por sustancias unitarias, denominada elementos quimicos, los que a su vez están constituidos por átomos. Los átomos de cada elemento tienen una configuración y estructura atómica característica que les infiere sus propiedades físicas y químicas y se integran por las siguientes partículas:

Neutrón.- Partícula con carga eléctrica neutra, forma parte del núcleo, al que únicamente aporta masa; en reposo, tienen una masa aproximada de  $1.672 \times 10^{-27}$  Kg.

Protón.- Partícula con carga eléctrica positiva, es igual en magnitud pero de signo contrario al de un electrón, por lo que el átomo como conjunto es neutro.

También forma parte del núcleo. En reposo, tiene una masa aproximada de  $1.67 \times 10^{-27}$  kg.

Electrón.- Partícula con carga eléctrica negativa; se desplaza alrededor del núcleo, en trayectorias circulares ó elípticas, sin perder energía, en sus niveles energéticos correspondientes. En reposo tiene una masa aproximada de  $9.107 \times 10^{-31}$  Kg

En la tabla periódica se clasifican e indican los elementos que existen en la naturaleza, así como los creados sintéticamente en laboratorio, que son:

Metales.- Y se localizan en el lado izquierdo de la tabla periódica, son 84 y representan el 77% de los elementos químicos.

Son materiales sólidos a temperatura ambiente, con excepción del mercurio, poseen las siguientes propiedades:

- En estado sólido existen en forma de cristales.
- Son maleables y dúctiles
- Pueden ser deformados plásticamente.
- Tiene alta reflectividad de la luz (brillo metálico) a excepción del oro y el cobre
- Poseen alta conductividad térmica y eléctrica.

Metaloides.- Presentan propiedades en algunas aspectos, similares a las de los metales y bajo otras circunstancias a las de los no metales, Generalmente presentan alguna conductividad, pero poca o ninguna plasticidad.

Boro, Silicio son ejemplos de metaloides.

No Metales.- Sus propiedades físicas son opuestas a la de los metales, incluye los gases inertes, del grupo VIII A y también: Azufre, Bromo, Cloro, Flúor, Fósforo, Yodo, Nitrógeno, Oxígeno y Selenio.

Siendo que por su abundancia en la naturaleza y las cualidades particulares de los metales estos son utilizados ampliamente por el hombre para fabricar: herramientas, enseres domésticos,

maquinaria pesada, vehículos automotores, materiales para construcción e infinidad de accesorios, que simplifican las labores y forma de vida del ser humano.

Comúnmente los metales en su estado puro no se emplean, ya que presentan propiedades mecánicas bajas. Lo que dio origen al descubrimiento y desarrollo de la metalurgia, en cuyo ámbito se ha dado, en las últimas décadas, un gran avance en el conocimiento, comportamiento y obtención de los metales y aleaciones que da por resultado múltiples y diversas aplicaciones en la industria.

La metalurgia se define como la ciencia y tecnología de los metales; y sus conceptos fundamentales se derivan de la física y de la química.

El campo de la metalurgia puede dividirse en dos grandes ramas:

La metalurgia química, también llamada de procesamiento o extractiva.- Es la ciencia de obtener metales a partir de los minerales. Engloba el conjunto de operaciones para beneficiar, extraer, concentrar y refinar los metales y aleaciones, dejándolos en condiciones de ser procesados.

La metalurgia física, es la ciencia que se ocupa del estudio de las propiedades físicas y mecánicas, de los metales y aleaciones, que son afectadas por la composición química, el trabajo mecánico y el tratamiento térmico.

Metal puro.- Por conveniencia y para fines prácticos; se denomina al elemento que tiene una concentración, del propio metal, desde el 99%.

Los metales puros de uso más frecuente en la industria son: Aluminio, Cobre, Estaño, Manganeso, Mercurio, Níquel, Oro, Plata, Platino, Plomo y Zinc. Se adicionan como componentes para la preparación de una aleación.

En su estado puro también se procesan para ser empleados como: recubrimiento, en forma de placas y barras, etc.

## **2.2 Aleación.**

Se define como un material compuesto, por la mezcla de dos o más elementos químicos de los cuales al menos uno es un metal, que es el que confiere las características metálicas a la aleación.

Los elementos para obtener una aleación se les nombra constituyentes o componentes, dependiendo de su número se dividen en binarios, ternarios, etc.

Sus propiedades físicas y mecánicas son superiores a la de los metales en estado puro y se pueden modificar cambiando su composición química y estructura; cada uno de los metales tienen una gran diversidad de aleaciones, básicamente se designan como:

- Aleaciones no Ferrosas.- Poseen algún elemento diferente del hierro como constituyente principal. El grueso de las aleaciones no ferrosas están formadas por aleaciones de Aluminio, Cobre, Estaño, Magnesio, Níquel, Plomo y Zinc. Otros metales y aleaciones no ferrosas que se utilizan con menor frecuencia incluyen: Berilio, Cadmio, Cobalto, Molibdeno, Tantalio, Titanio, Zirconio, los metales preciosos Oro, plata, etc.
- Aleaciones Ferrosas.- Son llamadas así, ya que su principal constituyente es el hierro y su elemento de aleación, más importante, es el carbono, cuya cantidad en la aleación encasilla al material en uno de los siguientes grupos:

Hierro dulce contiene un máximo de 0.05% C  
 Acero contiene de 0.05% C hasta 2.11% C  
 Hierro colado contiene de 2.11% C hasta 6.69% C

Tocante a las aleaciones ferrosas y en función que el presente apartado esta orientado hacia los conceptos básicos de los aceros, se describirá su clasificación y normalización.

### **Acero.**

El termino acero se aplica a la aleación de hierro y carbono, que contiene desde 0.05% hasta 2.00% de carbono otros elementos químicos pueden estar presentes en cantidades variables, para conferir propiedades específicas ó como impurezas no deseables.

Dependiendo del contenido de sus elementos de aleación, los aceros, se clasifican en:

Aceros al Carbono y  
 Aceros Aleados.

#### **2.2.1 Aceros al carbono.**

El vocablo acero al carbono, describe un amplio rango de aceros que detentan como máximo:

1.70% de Carbono  
 1.65% de Manganeso  
 0.06% de Silicio

Los elementos aleantes, como el cromo, níquel, y molibdeno no se manifiestan en porciones significantes. Desde el punto de vista de su composición se agrupan en:

Aceros al Bajo carbono.- tienen hasta un máximo de 0.15% de carbono y de 0.30% al 0.60% de Manganeso, estos aceros se producen en hojas y bobinas roladas en frío ó en caliente, presentan un esfuerzo de cedencia bajo.

Aceros al carbono suaves.- contienen del 0.15% al 0.29% de carbono, típicamente son dúctiles y blandos, con un esfuerzo de cedencia de 248,211 KPa a 448,159 Kpa (36,000 lb/pulg<sup>2</sup> a 65,000 lb/pulg<sup>2</sup>), se emplean para usos estructurales, generalmente se fabrican en placas.

Aceros al medio Carbono.- poseen del 0.30% al 0.59% de carbono tienen un esfuerzo a la cedencia de 344,738 Kpa a 1'034,214 Kpa (50,000 lb/pulg<sup>2</sup> a 150,000 lb/pulg<sup>2</sup>) y más alto, dependiendo si son tratados térmicamente. Son usados para fabricar partes de maquinaria, herramientas, válvulas, accesorios para tubería, etc.

Aceros al alto Carbono.- Su cantidad de carbono es del .60% al 1.70% debido al alto contenido de este elemento, presentan hasta una dureza de 63 RC lo cual lo hace más frágil y menos dúctil. Se utiliza generalmente para fabricar: ruedas para carros de ferrocarril, rodillos, herramientas, moldes, troqueles, cojinetes, etc.

### **2.2.2 Aceros aleados**

Estos aceros contienen, como su nombre lo indica, cantidades significativas de una variedad de elementos aleantes, que se le adicionan para impartirles ciertas propiedades especiales, entre las más importantes están:

Aumentar la templabilidad

Mejorar la resistencia a temperaturas comunes

Mejorar las propiedades mecánicas tanto a altas como a bajas temperaturas

Mejorar la tenacidad a cualquier dureza ó resistencia mínima

Aumentar la resistencia al desgaste y a la corrosión

Los elementos aleantes, que se agregan al acero al carbono para conseguir las características antes descritas son: Boro, Cobre, Columbio, Cromo, Fósforo, Molibdeno, Manganeso, Níquel, Vanadio, Wolframio y Zirconio.

Debido a que el porcentaje de aleantes es muy heterogéneo en este tipo de aceros, estos se identifican en:

Aceros de baja aleación

Aceros de alta aleación

### **2.2.3 Aceros de baja aleación.**

Se denominan a los aceros aleados que no rebasan el 10% del contenido de elementos aleantes. También se les conoce como aceros perlíticos, debido a que su microestructura es similar a la de los aceros al carbono.

Este grupo de aceros se designa por el elemento ó grupo de elementos de aleación predominantes, siendo estos:

Acero al Cromo

Acero al Cromo-Molibdeno

Acero al Cromo-Vanadio

Aceros al Molibdeno

Aceros al Níquel

Aceros al Níquel- Cromo- Molibdeno

## Aceros al Níquel -Molibdeno Aceros al Silicio

### Aceros al cromo

Cuando el acero excede el 5% de Cromo las propiedades a altas temperaturas y resistencia a la corrosión se ven ampliamente mejoradas.

Se usan generalmente para resortes, tornillos para motores, pernos, ejes de bola y rodillos, para maquinaria de trituración.

### Aceros al cromo- molibdeno

Son relativamente baratos, poseen buenas características de soldabilidad y ductilidad y endurecido profundo, tenacidad, alta resistencia a la fatiga y al desgaste. La resistencia a la oxidación y altas temperaturas está en función de su contenido de Cromo y Molibdeno. Se utiliza para la fabricación de: engranes de transmisión, pernos de cadenas, recipientes sujetos a presión, etc.

### Aceros al cromo- vanadio

Presentan una alta tenacidad, gran dureza y resistencia al desgaste, generalmente se usan para fabricar: pernos, cigüeñales, ejes, resortes, herramientas, etc.

### Aceros al Molibdeno

La adición de molibdeno al acero incrementa: su resistencia a alta temperatura, la dureza, los hace menos susceptibles al fragilizado. Se emplean para manufacturar: flechas ranuradas, engranes, resortes para suspensión, muelles para automóviles y aplicaciones que requieren condiciones severas de servicio.

### Aceros al níquel

El níquel es uno de los primeros elementos de aleación empleados en los aceros. Esta específicamente adicionado, al acero al carbón, para mejorar las propiedades de tenacidad a bajas temperaturas.

En la fabricación de este tipo de aceros la composición química esta estrictamente controlada, los aceros con 3.5% de Níquel se emplean extensivamente para carburizar engranes de transmisión, tornillos de bielas, pernos y seguros.

Los aceros al 5% de níquel proporcionan mayor tenacidad y se utilizan para aplicaciones de trabajo pesado, como engranes para camiones y autobuses, levas, cigüeñales, etc.

### Aceros al níquel- cromo- molibdeno

La combinación de los elementos de aleación, generalmente presentan las siguientes propiedades: el efecto del níquel es aumentar la tenacidad y ductilidad combinado con el efecto del Cromo y el Molibdeno da una alta templabilidad y resistencia al desgaste.

El efecto combinado de los elementos aleantes sobre la profundidad y distribución de la dureza mejora la tenacidad de la porción interna suele ser mayor que la suma de los efectos de los mismos elementos de aleación utilizados por separado.

Esta aleación es empleada ampliamente en la industria aeronáutica para las partes estructurales ensamble de las alas, fuselaje y tren de aterrizaje.

### Aceros al níquel- molibdeno

Tiene la ventaja de la alta resistencia y ductilidad proporcionada por el Níquel combinado con la maquinabilidad mejorada y la templabilidad profunda impartida por el Molibdeno. Estos aceros tienen buena tenacidad combinada con la alta resistencia a la fatiga y resistencia al desgaste.

Se utilizan para engranes de transmisiones, pernos para cadenas, flechas, cojinetes y otros accesorios donde las propiedades a lá tensión y la alta fatiga son importantes.

### Aceros al Silicio

El Silicio este presente en todos los aceros como agente desoxidante. Cuando rebasa el 0.6% se considera como acero al Silicio.

## 2.2.4 Aceros de Alta Aleación

Se designa a los aceros que tienen más del 10% de elementos de aleación. Se identifican como:

Aceros inoxidables

Aceros refractarios y

Aceros para herramientas

### Aceros inoxidables

Los aceros inoxidables pueden ser definidos como el acero al cual se le ha adicionado Cromo, que excede el 10%; así como cantidades bajas de Aluminio, Azufre, Cobre; Molibdeno, Níquel, Nitrógeno, Selenio, Tungsteno, Vanadio, que le confieren excelentes propiedades mecánicas y además los hace tener una alta resistencia a la corrosión y oxidación en atmósferas altamente corrosivas.

La propiedad de resistencia a la corrosión se debe a una película delgada, adherente, estable de óxido de Cromo ó de óxido de níquel y existe sólo cuando el contenido de Cromo exceda el 10%.

Considerando la estructura cristalográfica predominante, se designan como:

Aceros Inoxidable Ferríticos

Aceros Inoxidable Austeníticos

Aceros Inoxidable Martensíticos

### Aceros Inoxidable Ferríticos

Este grupo de aceros inoxidables contiene Cromo aproximadamente del 14% al 27%, por su bajo contenido de carbono no se puede endurecer por tratamiento térmico.

Son magnéticos y pueden trabajarse en frío o en caliente, alcanzan su máxima suavidad, ductibilidad y resistencia a la corrosión en la condición de recocido, este tratamiento térmico sirve para eliminar tensiones a causa del calentamiento producido por la soldadura ó trabajo en frío. Su resistencia a la corrosión es de moderada a buena y se incrementa con el contenido de Cromo.

Los usos más comunes para este tipo de aceros es: tanques para ácido nítrico, piezas de hornos, toberas, sistemas de emisión de gases, etc.

### **Aceros inoxidables austeníticos**

Estos son los aceros inoxidables al Cromo-Níquel y al Cromo- Níquel-Manganeso. Con una composición básica de 18% Cromo y 8% Níquel. En algunos casos se añade Molibdeno, Titanio y otros elementos.

El trabajo en frío les desarrolla una amplia variedad de propiedades mecánicas y, en estas condiciones, el acero puede llegar a ser ligeramente magnético, presentando excelente resistencia a la corrosión, excelente soldabilidad, facilidad de formado y embutido.

Son ideales para temperatura altas y criogénicas.

Su excelente resistencia a la corrosión acuosa y su soldabilidad, los hace ideales para fabricar: tanques, tuberías, equipos de proceso y recipientes a presión para la industria alimenticia y farmacéutica.

### **Aceros inoxidable martensíticos**

Tiene un contenido de Cromo del 12% al 18% y un contenido relativamente alto de carbono. Son magnéticos pueden trabajarse en frío y caliente sin dificultad.

Sus propiedades básicas son:

Moderada resistencia a la corrosión a algunos agentes químicos

Presentan buena tenacidad

Pueden maquinarse satisfactoriamente

Difícil soldabilidad por su alto contenido de carbón

Sus usos más comunes son para fabricar: Instrumentos quirúrgicos, alabes para turbinas, flechas para bombas, asientos para válvulas, etc.

### **Aceros refractarios**

Se denomina a los aceros que son resistentes al calor y que trabajan a temperaturas elevadas conservando sus propiedades mecánicas y de resistencia a la corrosión.

Su composición química, en algunos casos es idéntica a la de los aceros inoxidables que se fabrican por procesos de trabajo en frío.

Este tipo de aceros generalmente se fabrica en piezas coladas, contienen un alto porcentaje de carbono así como de Cromo (del 8% al 32%) y Níquel (2% al 68%) y en determinados tipos de acero ciertas cantidades de otros elementos como por ejemplo Molibdeno.

### **Aceros para herramientas**

Son aceros de alta aleación, con los que se fabrica una amplia variedad de herramientas, como: herramientas de impacto, herramientas manuales, herramientas de corte, herramientas de formado de metales. Los elementos base de la aleación son: Cobalto, Cromo, Molibdeno, Vanadio y Wolframio.

### 2.2.5 Efectos de los elementos aleantes en el acero

El propósito de los siguientes párrafos es explicar brevemente las propiedades y efectos que proporcionan los elementos, que se adicionan al acero, durante el proceso de fabricación. Los efectos y propiedades de un solo elemento, normalmente está influenciado por los efectos de otros elementos presentes en la aleación; estas interrelaciones son frecuentemente de una naturaleza compleja, que no se analizarán en este trabajo, ya que son propios de la ingeniería metalúrgica.

Las características específicas que imparten cada uno de los elementos, al acero, serán tratados en forma individual, como a continuación se describe:

Aluminio.-	Actúa como agente desoxidante, inhibe al crecimiento del tamaño del grano por la formación de óxidos dispersos.
Azufre.-	Mejora la maquinabilidad; a mayor contenido reduce la ductilidad, la tenacidad, la soldabilidad y la resistencia a la corrosión.
Carbono.-	Incrementa la dureza del acero y consecuentemente la resistencia a la tensión, arriba del 0.77%~0.8% la dureza no se incrementa. A mayor contenido de Carbono disminuye la soldabilidad y la ductilidad.
Cobalto.-	Tiende a incrementar la resistencia mecánica y dureza.
Cobre.-	Mejora la resistencia a la corrosión atmosférica, en aceros al bajo carbono.
Cromo.-	Tiende a incrementar la resistencia a la oxidación, corrosión y al desgaste.
Fósforo.-	Mejora la maquinabilidad.
Manganeso.-	Mejora la maquinabilidad, a mayor contenido reduce la resistencia a la corrosión.
Molibdeno.-	Incrementa la dureza y la resistencia a la corrosión y oxidación a altas temperaturas.
Níquel.-	Mejora la tenacidad a las bajas temperaturas.
Oxígeno.-	Elimina el exceso de carbono y disminuye el tiempo de fundición.
Silicio.-	Actúa como agente desoxidante.

### 2.3 Especificaciones ASTM de placas y forjas para calderas y recipientes a presión

La selección de los materiales, para la fabricación de recipientes a presión, usualmente está determinada por:

- Las condiciones de operación y servicio.
- La disponibilidad en el mercado y el tiempo de entrega.
- El costo del material.
- La soldabilidad, etc.

La forma del suministro de los materiales, está implícita en la especificación correspondiente, sea ASTM o ASME. Las formas más utilizadas de los aceros, para la manufactura de recipientes a presión, tienen la presentación de placas, conexiones forjadas y tubería de cedula.

Los aceros al medio carbono se consiguen de manera más expedita en el mercado y a un bajo costo, son lo más recomendables para recipientes que en servicio operan a bajas presiones y temperaturas moderadas.

Los aceros de baja aleación en general están fabricados para cumplir condiciones de uso específico. Su costo es mayor que el de los aceros al carbono. Por otra parte presentan una resistencia moderada a la corrosión y un mejor comportamiento en resistencia mecánica para rangos de temperatura altos, con respecto a los aceros al carbono.

Los aceros de alta aleación, puntualizando los aceros inoxidable empleados para recipientes a presión su costo es superior al de los dos anteriores. El contenido de elementos de aleación es mayor, lo que ocasiona que tengan una alta resistencia a la corrosión.

Materiales no ferrosos; de manera específica las aleaciones especiales, su costo supera ampliamente el de los materiales descritos anteriormente, se emplean para manejar sustancias altamente corrosivas a altas y bajas temperaturas, sustancias abrasivas; generalmente se emplean como placas de revestimiento en el interior de los recipientes.

A continuación se enuncian, concretamente, las especificaciones de los aceros cubiertos por la normativa ASTM, para recipientes a presión.

Especificación:

ASTM A 723	Acero aleado forjado de alta resistencia para aplicación en componentes a presión.
ASTM A372	Acero aleado y al carbono forjado, para recipientes a presión de pared delgada.
ASTM A263	Acero al cromo resistente a la corrosión para recubrimiento en placa, lámina y cinta.
ASTM A266	Forjas de acero al carbón, para componentes de recipientes a presión.

Especificación:

ASTM A20	Requerimientos generales para placas de acero, de recipientes a presión.
ASTM A240	Acero inoxidable al cromo y al cromo-níquel, resistente al calor, en placas, lámina y cintas para recipientes a presión.
ASTM A592	Accesorios y Componentes forjados de acero de baja aleación y alta resistencia templados y revenidos para recipientes a presión.
ASTM A265	Placas para recubrimiento de níquel y acero aleado con base de níquel.
ASTM A734	Placas para recipientes a presión, de acero aleado y acero de baja aleación y alta resistencia, templado y revenido.
ASTM A202	Placas para recipientes a presión, de acero aleado al cromo - manganeso - silicio.
ASTM A387	Placas para recipientes a presión, de acero aleado al cromo- molibdeno.
ASTM A832	Placas para recipientes a presión, de acero aleado al cromo-molibdeno-vanadio y cromo-molibdeno-vanadio-titanio-boro.
ASTM A517	Placas para recipientes a presión, de acero aleado, alta resistencia templado y revenido.
ASTM A302	Placas para recipientes a presión, de acero aleado al manganeso-molibdeno y manganeso-molibdeno-níquel.
ASTM A225	Placas para recipientes a presión, de acero aleado al manganeso- vanadio-níquel.
ASTM A204	Placas para recipientes a presión, de acero aleado al molibdeno.
ASTM A203	Placas para recipientes a presión, de acero aleado al níquel.
ASTM A353	Placas para recipientes a presión, de acero aleado al 9% de níquel templado y doble-normaizado.
ASTM A542	Placas para recipientes a presión de acero aleado, templado y revenido, al cromo-molibdeno, cromo-molibdeno- vanadio y cromo-molibdeno-vanadio-titanio-boro.
ASTM A553	Placas para recipientes a presión, de acero aleado, templado y revenido al 8 y 9% de níquel.

Especificación:

ASTM A533	Placas para recipientes a presión, de acero aleado, templado y revenido al manganeso-molibdeno y manganeso-molibdeno-níquel
ASTM A543	Placas para recipientes a presión, de acero aleado, templado y revenido al níquel-cromo-molibdeno.
ASTM A662	Placas para recipientes a presión, al carbono-manganeso, para servicio moderado y bajas temperaturas.
ASTM A515	Placas para recipientes a presión, de acero al carbono, para servicio intermedio y altas temperaturas.
ASTM A516	Placas para recipientes a presión, de acero al carbono, para servicio moderado y baja temperatura.
ASTM A612	Placas para recipientes a presión, de acero al carbono alta resistencia, para servicio moderado y baja temperatura.
ASTM A455	Placas para recipientes a presión, de acero al carbono alta resistencia, al manganeso.
ASTM A285	Placas para recipientes a presión, de acero al carbono para resistencia a la tensión baja e intermedia.
ASTM A299	Placas para recipientes a presión, de acero al carbono al manganeso-silicio.
ASTM A562	Placas para recipientes a presión, de acero al carbono al manganeso-titanio para recubrimientos de vidrio o difusión metálica.
ASTM A724	Placas para recipientes a presión, de acero al carbono, templadas y revenidas para recipientes a presión fabricados por capas.
ASTM A645	Placas para recipientes a presión, de acero aleado al 5% de níquel con tratamiento térmico especial.
ASTM A537	Placas para recipientes a presión, acero al carbono-manganeso-silicio con tratamiento térmico.
ASTM A738	Placas para recipientes a presión, acero al carbono-manganeso-silicio con tratamiento térmico, para servicio moderado y baja temperatura.
ASTM A737	Placas para recipientes a presión, de acero de baja aleación alta resistencia.

Especificación:

ASTM A736	Placas para recipientes a presión, de acero al bajo carbono endurecido por envejecimiento al níquel-cobre-cromo-molibdeno-columbio y acero aleado al níquel-cobre-manganeso-molibdeno-columbio.
ASTM A735	Placas para recipientes a presión, acero aleado con bajo carbono al manganeso-molibdeno-columbio para servicio moderado y baja temperatura.
ASTM A844	Placas para recipientes a presión, aleación al 9% de níquel, producido por templado directo.
ASTM A841	Placas para recipientes a presión, producida por el proceso de control termo-mecánico (TMCP).
ASTM A782	Placas para recipientes a presión, de acero aleado templado y revenido, al manganeso-cromo-molibdeno-silicio-zirconio.
ASTM A508	Forjas de acero aleado y al carbono para recipientes a presión, templadas, revenidas y tratadas al vacío.
ASTM A479	Acero inoxidable y resistente al calor en barras, alambre y otras formas para uso en calderas y recipientes a presión.
ASTM A264	Placa de acero inoxidable para recubrimiento al cromo-níquel en lámina y hojas.
ASTM A336	Forjas de acero aleado, para tambores sin costura, cabezales y otros componentes para recipientes a presión.
ASTM A541	Forjas de acero al carbono y aleado, templadas y revenidas, para componentes de recipientes a presión.
ASTM A770	Placas de acero para aplicaciones especiales, prueba de tensión en el espesor.
ASTM A414	Aceros al carbono en lámina, para recipientes a presión.
ASTM A812	Acero de baja aleación, alta-resistencia, en lámina rolada en caliente para recipientes a presión soldado por capas.
ASTM A578	Ensayo de ultrasonido con haz recto, de placas de acero con recubrimiento para aplicaciones especiales.
ASTM A435	Ensayo de ultrasonido con haz recto, de placas de acero.

Especificación:

ASTM A577          Ensayo de ultrasonido con haz en ángulo , de placas de acero.

NOTAS:

- 1.- Donde no se indica el año de edición o de la última revisión, aplica la última edición.
- 2.- Todas las especificaciones antes enumeradas han sido adoptadas por el comité de recipientes a presión y calderas de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME). Las especificaciones ASME son idénticas a las ASTM, o pueden presentar variaciones mínimas.

## Capítulo III. NORMATIVA APLICABLE EN RECIPIENTES A PRESION

### 3.1 Sistemas de identificación y nomenclatura de los aceros

Las especificaciones, códigos y normas más utilizadas en la industria Mexicana son las editadas por las asociaciones de EE.UU., debido a su influencia y vecindad con la Republica Mexicana. El sistema de clasificación que se describe en este apartado esta basado en la normativa estadounidense; cabe hacer notar que las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), referentes a los aceros grado estructural son traducciones de las publicadas por alguna sociedad de EE.UU.

En la clasificación de los aceros se puede utilizar diferentes criterios, como son:

- Sistema de fabricación.- Es el método por el cual el acero es producido y puede ser:

Horno de Hogar Abierto.  
Horno Abierto.  
Horno Eléctrico.

- Uso.- se refiere a la forma y uso final que se le dará al acero, como por ejemplo: acero para máquinas, acero para resortes, acero para calderas, acero para estructuras y acero para herramientas, etc.
- Composición Química.- describe el porcentaje aproximado de los principales elementos aleantes contenidos en el acero.

Las especificaciones que identifican, clasifican y codifican los diferentes grados y clases de acero y sus aleaciones, han sido preparadas por Asociaciones con autoridad y representabilidad Internacional como son:

La Sociedad de Ingenieros Automotrices	(SAE siglas en Inglés)
El Instituto Americano del Hierro y el Acero	(AISI siglas en Inglés)
La Sociedad Americana para Materiales y Pruebas	(ASTM siglas en Inglés)
La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos	(ASME siglas en Inglés)

#### 3.1.1. Clasificación AISI

La primera codificación de los aceros y aleaciones en un sistema numérico fue establecida en el año de 1911, por la SAE. En un esfuerzo por normalizar y limitar los números, tan grandes empleados por fabricantes y consumidores, para describir los aceros existentes; ya que cada uno solía denominar su producto bajo nombre registrado y empleaban su propio procedimiento de identificación.

Este sistema consistía de cuatro dígitos y sólo especificaba los límites del análisis químico de aceros para maquinaria.

En el año de 1941 la SAE en un trabajo conjunto con la AISI efectuaron una revisión al sistema básico para unificar criterios e incorporar rangos más estrechos del análisis químico y agregar un prefijo literal.

Con esto la AISI estableció un sistema numérico de codificación idéntico al utilizado por la SAE, pero con la característica de adicionar un prefijo literal para designar el método de fabricación del acero como sigue:

- A Aleación al carbono básico de hogar abierto.
- B Acero al carbono Bessemer ácido.
- C Acero al carbono básico de hogar abierto.
- D Acero al carbono ácido de hogar abierto.
- E Horno eléctrico

En la actualidad este código de cuatro dígitos y en ocasiones hasta de cinco dígitos para aceros al carbono y de baja aleación sigue vigente y con el cual se logra una descripción parcial del material.

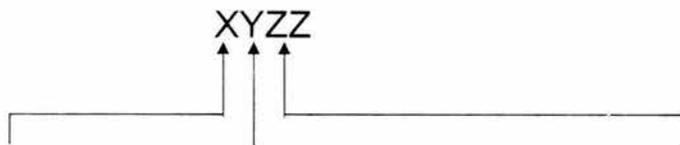
Cabe aclarar que las especificaciones AISI para aceros, únicamente especifican el contenido del análisis químico y no menciona las propiedades mecánicas que debe cumplir el material.

La identificación de los aceros por la AISI esta dividida en tres nomenclaturas, y los clasifica como: aceros grado maquinaria, aceros inoxidable y aceros grado herramienta.

#### **Nomenclatura para aceros grado maquinaria.**

Los aceros denominados grado maquinaria, por AISI, agrupan los aceros al carbono y los aceros de baja aleación.

A continuación se explica el código de identificación de cuatro dígitos para aceros grado maquinaria:



Designa el tipo de acero ó aleación utilizada (ver tabla 1).

Indica el porcentaje máximo aproximado del contenido de elementos aleantes.

indica el porcentaje de carbono en el acero dividido entre 100.

Tabla 1

Número	Elemento de aleación
XY	
10	Acero al carbón común
11	Acero al carbón para maquinado con adición de azufre
12	Acero al carbón para maquinado con adición de azufre y fósforo
13	Manganeso 1,75%
40	Molibdeno 0.20% ó 0.25%
41	Cromo 0.50%, 0.80% ó 0.95% Molibdeno 0.12% 0.20% ó 0.30%
43	Níquel 1.83%, Cromo 0.50%, 0.80% Molibdeno 0.25%
44	Molibdeno 0.53%
46	Níquel 0.85%, 1.83% Molibdeno 0.20%, 0.25%
47	Níquel 1.05%, Cromo 0.45%, Molibdeno 0.20% ó 0.35%
48	Níquel 3.5%, Molibdeno 0.25%
50	Cromo 0.40%
51	Cromo 0.80%, 0.88%, 0.93%, 0.95% ó 1.00%
52	Carbono 1.04%, Cromo 1.03%, ó 1.45%
61	Cromo 0.60% ó 0.95%, Vanadio 0.13% ó 0.15% (min)
86	Níquel 0.55%, Cromo 0.50%, Molibdeno 0.20%
87	Níquel 0.55%, Cromo 0.50%, Molibdeno 0.25%
88	Níquel 0.55%, Cromo 0.50%, Molibdeno 0.35%
92	Silicio 2%
50B	Cromo 0.28% ó 0.50% con Boro
51B	Cromo 0.80% con Boro
81B	Níquel 0.30%, Cromo 0.45% con Boro
94B	Níquel 0.45%, Cromo 0.40%, Molibdeno =.12%b con Boro

Ejemplo:

Acero AISI 1020

Acero al Carbono sin elementos de aleación y 0.20% de Carbono.

Acero AISI 4140

Acero al Cromo- Molibdeno con 0.40% de Carbono.

### Nomenclatura para aceros inoxidables.

Para los aceros inoxidables y resistentes al calor, AISI emplea para su descripción un código de tres dígitos, los cuales indican la serie ó el grupo, como sigue:

- 2XX      Aceros al Cromo Níquel-Manganeso, austeníticos, no endurecibles, no magnéticos.
- 3XX      Aceros al Cromo-Níquel, austeníticos, no endurecidos, no magnéticos.
- 4XX      Aceros al Cromo, endurecible y no endurecible, martensíticos y ferríticos, dependiendo del contenido del carbono.
- 5XX      Acero al bajo Cromo resistente al calor; este grupo no pertenece al grupo de los aceros inoxidables.

## Nomenclatura para aceros grado herramienta.

Los aceros denominados, por AISI como, grado herramienta agrupa una parte de los aceros de alta aleación.

Para identificar los aceros para herramientas hay varios métodos, como son:

- Los medios de templado.
- El contenido de la aleación, y por el
- Empleo del acero.

El método de identificación adoptado por AISI tiene en cuenta: el medio de templado, aplicaciones, características particulares y aceros para industria específicas.

AISI divide en siete grupos, los aceros de alta aleación más utilizados y a cada uno le asigno una letra del alfabeto, como se indica a continuación:

Grupo	Símbolo y Tipo
Templado por agua	<b>W</b>
Resistente al impacto	<b>S</b>
Trabajo en frío	<b>O</b> templado en aceite <b>A</b> media aleación <b>D</b> alto carbono, alto cromo
Trabajo en caliente	<b>H</b> { base cromo base tungsteno base molibdeno
Alta velocidad	<b>T</b> base tungsteno <b>M</b> base molibdeno
Propósitos específicos	<b>L</b> baja aleación <b>F</b> carbono, tungsteno
Moldes	<b>P</b>

En los códigos antes indicados los fabricantes de acero para herramientas frecuentemente incluyen su propia denominación e identificación.

A un mismo símbolo se le puede ir adicionando un número progresivo a medida que se van desarrollando nuevos productos.

Ejemplo:

Un acero M30 es un acero alta velocidad base molibdeno y fue el numero 30 en desarrollarse, un acero M42 es de las mismas características pero ocupa el lugar No. 42 en su clase.

### 3.1.2 Especificaciones ASTM

Las especificaciones de la Sociedad Americana para Materiales y Pruebas (ASTM), representan el consenso entre fabricantes, distribuidores y el usuario del producto.

ASTM agrupa por temas generales, los productos cuya normativa esta bajo su jurisdicción, dividiéndolos en quince secciones, como se especifica a continuación:

- Sección 1.- Productos del Hierro y del Acero.
- Sección 2.- Productos Metálicos no Ferrosos.
- Sección 3.- Métodos de Prueba y Procedimientos Analíticos para Metales.
- Sección 4.- Materiales para Construcción.
- Sección 5.- Productos Derivados del Petróleo, Lubricantes y Combustibles Fósiles.
- Sección 6.- Pinturas, Hidrocarburos Aromáticos y Recubrimientos.
- Sección 7.- Materiales textiles.
- Sección 8.- Materiales Plásticos.
- Sección 9.- Productos Derivados del Caucho.
- Sección 10.- Aislamientos Eléctricos y Electrónicos.
- Sección 11.- Tecnología Ambiental y del Agua.
- Sección 12.- Energía Nuclear, Solar y Geotérmica.
- Sección 13.- Dispositivos y Servicios Médicos.
- Sección 14.- Instrumentación y Métodos Generales de Pruebas.
- Sección 15.- Productos Generales, Especialidades Químicas y Productos de Uso Final.

Cada sección se divide a su vez en temas específicos; siendo la sección 1, la que se refiere a los productos de los materiales ferrosos, objeto del presente capítulo, se desglosa en:

Aceros para: Accesorios de Tubería, Tubería de Cedula, Tubería Calibrada

Fundiciones Ferrosas, Ferroaleaciones.

Aceros para: Alambre. Lamina y Placa.

Aceros para: Estructuras, Recipientes a Presión, Refuerzo de Concreto y Rieles.

Aceros para: Rodamientos, Cadenas, Resortes y Barras.

Productos de Acero Recubiertos.

Aceros para la Construcción Naval.

La sección 2 atañe a los Productos Metálicos No Ferrosos, y los clasifica en:

Cobre y aleaciones de cobre.

Aleaciones de aluminio y magnesio.

Conductores eléctricos.

Metales No Ferrosos: Níquel, Cobalto, Plomo, Estaño, Zinc, Cadmio; Metales preciosos, Reactivos y Refractarios, y Aleaciones.

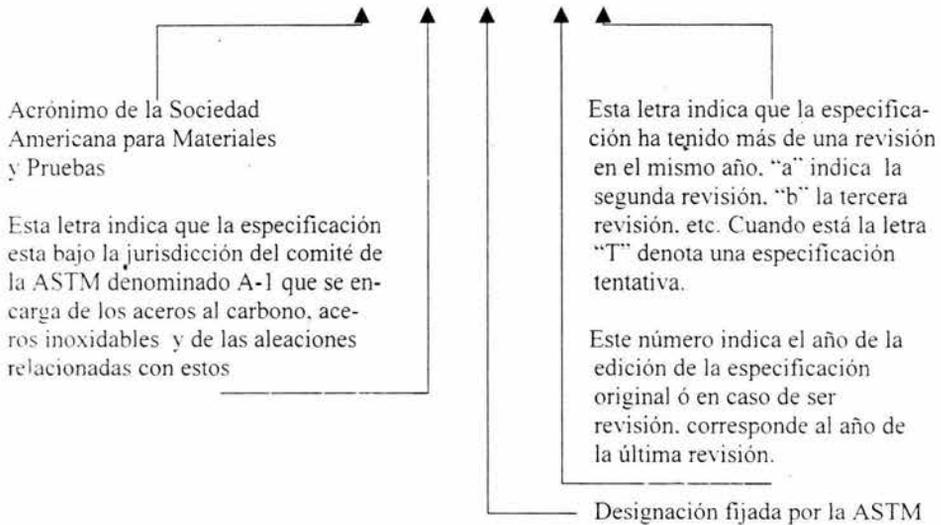
Recubrimientos Metálicos e Inorgánicos, Metales en Polvo.

Las especificaciones de aceros en placa y forjas propias para calderas y recipientes a presión (enumeradas en el punto 2.3) tienen la característica de estar orientadas hacia materiales específicos haciendo énfasis en su composición química, proceso de fabricación y las propiedades mecánicas que debe cumplir.

En muchos casos la composición química, tolerancias, designaciones, tipos, grado, de las especificaciones SAE, AISI, ACI, AA, están íntegramente incorporadas a las especificaciones ASTM.

La edición de las especificaciones individuales se identifican por un código alfa numérico, que para los materiales ferrosos, tiene la siguiente configuración:

### ASTM-A-XXX-YYa



Para los materiales no ferrosos, el prefijo A se sustituye por el prefijo B el cual indica que la especificación esta bajo la jurisdicción del Comité de la ASTM denominado B-2 encargado de los metales no ferrosos y sus aleaciones.

Para describir el material en planos, hojas de datos con este sistema se omite el acrónimo ASTM: el código YYa se sustituye por el tipo y/o grado del acero (cuando proceda), con lo cual se identifica un material en particular. Quedando como sigue:

### A-XXX-Tp ó Gr.

### 3.1.3 Especificaciones ASME.

La mayoría de las especificaciones para metales ferrosos y no ferrosos, editadas por la ASTM, han sido adoptadas por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) con pequeñas modificaciones e incluso sin cambio. Están contenidas en el ASME Boiler and Pressure Vessel Code; Section II; Parte A Normas de materiales Ferrosos, Parte B Normas de Materiales No Ferrosos.

Las especificaciones para materiales de aporte de soldadura están descritos en la Sección II Parte C, Especificaciones para Variables de Soldadura, electrodos y Materiales de Aporte son idénticas a las editadas por La Sociedad Americana de Soldadura (AWS).

A continuación se describe el contenido de cada una de las partes descritas en los párrafos anteriores, en la Sección II Parte A se manifiestan los requerimientos relacionados a los materiales ferrosos, para:

Tubería de acero.

Tubería calibrada de acero (tubing).

Bridas, válvulas y accesorios para tubería de acero.

Aceros estructurales.

Barras de acero.

Tornillería de acero.

Piezas forjadas de acero.

Aceros moldeados.

Aceros resistentes al calor.

Aceros resistentes a la corrosión.

Fundiciones de hierro.

En la Sección II, Parte B se exponen los requisitos concernientes a los materiales no ferrosos, para:

Aluminio y aleaciones de aluminio.

Placa, lámina y bobinas de cobre y aleaciones de cobre.

Aleaciones moldeadas de cobre.

Barras y varillas de níquel y aleaciones de níquel.

Tubería de níquel y aleaciones de níquel.

Titanio y aleaciones de titanio.

Zirconio y aleaciones de zirconio.

En la Sección II, Parte C se expresan las condiciones que deben cumplir los materiales de aporte para la soldadura de:

Aceros al Carbono y Aleados.

Aluminio y aleaciones de aluminio.

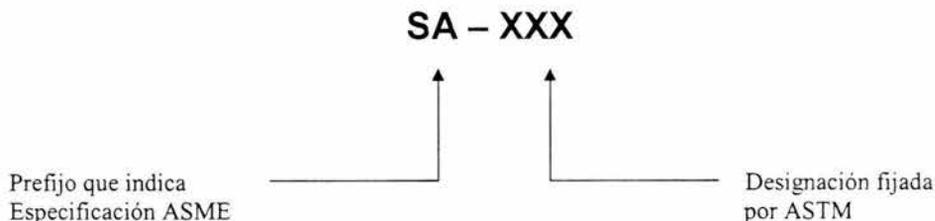
Cobre y aleaciones de cobre.

Níquel y aleaciones de níquel.

Zirconio y aleaciones de zirconio.

Titanio.

El sistema de identificación de la ASME, para metales ferrosos, generalmente presenta mínimas variaciones con respecto al código de identificación asignado por la ASTM, y tiene las siguientes características: omite el acrónimo ASTM, antepone la letra S al prefijó A, conserva la designación fijada por ASTM y omite el código YYa, y presenta la siguiente codificación:



Para los materiales no ferrosos la letra **A** se cancela y su lugar se destina para la letra **B**.

Bajo el número de la especificación ASME, se cita la correspondiente especificación ASTM de la cual es copia.

Para describir el material en dibujos, hojas de datos, al número de especificación se adiciona el tipo y/o grado de acero (cuando proceda) con lo cual se identifica un material en particular quedando como sigue:

## SA-XXX-Tp y/o Gr

### 3.1.4 Sistema Unificado de Numeración (UNS)

Como se ha observado en los sistemas de identificación anteriormente descritos, cada entidad procede independientemente para codificar los aceros; lo que dificulta su identificación cuando se carece del conocimiento básico de la normativa.

Motivo que da origen a que la ASTM y la SAE coordinen sus esfuerzos en forma conjunta con: La Asociación de Aluminio (AA), El Instituto Americano del Hierro y el Acero (AISI), La Sociedad Americana de Soldadura (AWS) y la Asociación de Desarrollo del Cobre (CDA). Con el objeto de establecer una codificación única de los:

- Metales no ferrosos y sus aleaciones.
- Metales ferrosos y sus aleaciones.
- Metales especiales y sus aleaciones.

Bajo un denominado sistema unificado de numeración (UNS). Cuyos criterios fueron editados originalmente, en el año de 1974, en las especificaciones:

- ASTM E 527 Practica Recomendada para Numerar Metales y Aleaciones (UNS).
- SAE J-1086 Practica Recomendada para Numerar Metales y Aleaciones.

La identificación se clasifica acorde con los códigos alfa numéricos descritos en la tabla 2 que muestra las series primarias, de la especificación ASTM E 527-83 (Reaprobada en 1991).

Las especificaciones ASTM para materiales ferrosos y no ferrosos, actualmente, se están editando con esta nomenclatura. Consecuentemente las Especificaciones ASME que son adoptadas de las ASTM están cumpliendo con este requisito.

Determinadas industrias y distribuidores que cuentan con un departamento de calidad bien estructurado, que fabrican y comercializan diferentes productos derivados del acero, como son válvulas, placas de acero, fundición, forja y que tienen por misión estar a la vanguardia en el desarrollo tecnológico de sus productos, se han dado a la tarea de actualizar su propaganda e información técnica; apeándose a los requisitos y criterios de nomenclatura, plasmados en la normativa ASTM.

Tabla 2

<b>Clasificación</b>	<b>METALES NO FERROSOS Y SUS ALEACIONES</b>
A-00001-A99999	Aluminio y sus aleaciones
C-00001-C99999	Cobre y sus aleaciones
E-00001-E99999	Tierras Raras y sus aleaciones (divididos en 18 grupos)
L-00001-L99999	Metales y aleaciones de bajo punto de fusión (divididos en 15 grupos)
M-00001-M99999	Metales y aleaciones no ferrosas diversas (divididas en 12 grupos)
N-00001-N99999	Níquel y aleaciones
P-00001-P99999	Metales preciosos y sus aleaciones (dividido en 8 grupos)
R-00001-R99999	Metales refractarios, reactivos y sus aleaciones (dividido en 14 grupos)
Z-00001-Z99999	Zinc y sus aleaciones
<b>Clasificación</b>	<b>METALES FERROSOS Y SUS ALEACIONES</b>
D-00001-D99999	Aceros con propiedades mecánicas específicas
F-00001-F99999	Hierros y aceros colados
G-00001-G99999	Aceros al carbono y aleados AISI y SAE
H-00001-H99999	Aceros H-AISI
J-00001-J99999	Aceros colados (excepto aceros para herramienta)
K-00001-K99999	Aceros diversos y aleaciones ferrosas
S-00001-S99999	Aceros inoxidable y resistentes al calor
T-00001-T99999	Aceros para herramientas
<b>Clasificación</b>	<b>METALES ESPECIALES Y SUS ALEACIONES</b>
W-00001-W99999	Electrodos tubulares y recubrimientos, metales de aporte de soldadura

## 3.2 Código ASME

### 3.2.1 Breve Historia del Código ASME

El Código ASME para Calderas y Recipientes a Presión se concibió por la necesidad de proteger a la sociedad de los estragos ocasionados por las constantes explosiones de calderas ocurridas en los Estados Unidos de Norteamérica a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX.

La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), desde su creación en 1880, ha sido uno de los precursores en la preparación de códigos y normas. En 1884 publicó el primer Código sobre Pruebas de Potencia, el cual fue aceptado por la mayoría de los fabricantes y usuarios de calderas.

En Europa, particularmente en la Gran Bretaña, auspiciado por el apogeo del transporte marítimo, se habían creado empresas aseguradoras y de inspección de recipientes a presión y calderas, como: Bureau Veritas, British Board of Trade y Lloyds Register of Shipping.

En E.U.A. en el año de 1866 se constituyó The Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Company. La cual desarrollaba Procedimientos de Inspección y Control de Calderas, instruía y capacitaba inspectores en esta área, actividades que hoy en día continua realizando.

A finales del siglo XIX, coincidiendo con la industrialización de los E.U.A., se instalaron y entraron en servicio, en el año de 1880, aproximadamente 72000 calderas, tanto de potencia como de calefacción.

A medida que el número de calderas en servicio se incrementaba, se producía un mayor número de accidentes ocasionados por explosiones.

En el año 1885 se registraron 155 explosiones; en 1890, 226 explosiones; en 1900, 329 explosiones y cerca de 400 explosiones en el año 1910.

Un informe elaborado en el año de 1902, por la compañía Hartford, reportaba que durante los años de 1896 a 1901, se habían registrado 1600 explosiones que ocasionaron el deceso de 1184 personas.

En el año de 1905 ocurrió la explosión de una caldera, en una fábrica de zapatos, en el Estado de Massachussets, donde fallecieron 58 personas y las pérdidas materiales fueron superiores a los \$250.000.00 U. S.

Otro accidente acaecido en el año de 1906, nuevamente en una fábrica de zapatos en el Estado de Massachussets, ocasiono pérdidas superiores a los \$ 420.000.00 U. S.

Estas catástrofes motivaron que el gobernador del Estado de Massachussets, determinara crear una comisión para legislar sobre la construcción de calderas, para garantizar la seguridad en su operación.

Después de varios debates y discusiones públicas, el Estado de Massachussets, promulgo en 1907 el primer código legal de reglas para la construcción de calderas de vapor. Para el año de 1909 ya se habían publicado seis ediciones.

Posteriormente el Estado de Ohio emitió un reglamento similar.

Sucesivamente se fueron implantando regulaciones similares en los diferentes Estados de la Unión Americana, que habían padecido tragedias similares. Sin embargo, los reglamentos diferían de un estado a otro. Llegándose al caso de que inspectores experimentados en un estado no se les permitía ejecutar sus funciones en otro.

Debido a esta falta de uniformidad en el criterio de fabricación de calderas los fabricantes y usuarios de calderas y recipientes a presión, en 1911, apoyándose en el reconocimiento que para entonces ya tenía la ASME, solicitaron su intervención para corregir esta situación.

Por lo que convoco a una reunión al consejo de la ASME y como acta de la misma se registro "Que se había votado por la confirmación de crear un comité que formulara especificaciones uniformes para la construcción de calderas de vapor y otros recipientes a presión para su vigilancia y mantenimiento de los mismos en servicio".

El Comité estaba integrado por siete miembros, de reconocido prestigio en sus correspondientes disciplinas: un ingeniero consultor, un ingeniero de seguros para calderas, dos representantes de los fabricantes de calderas, dos profesores universitarios del área de ingeniería y un representante de los fabricantes de materiales.

Una vez creado el comité, se reunió primero en Nueva York y posteriormente en Ithaca, en 1912.

En 1913, el Comité presento un informe preliminar y envió 2000 copias a: profesores de ingeniería mecánica, municipios, compañías de seguros de calderas, fabricante de calderas, revistas de ingeniería y a todos los interesados en la construcción y operación de calderas, solicitando su análisis y comentarios sobre los mismos.

Tras haber considerado los comentarios y después de varias reuniones y audiencias públicas, a principio del año de 1915, se publica la primera edición del Código ASME, denominado, "Reglas para la Construcción de Calderas Estacionarias para Presiones Permisibles de Operación".

El comité que desarrollo dichas reglas, incremento su número de miembros e importancia y se nombro "Comité del Código de Calderas".

Desde 1915 el Código ASME ha tenido modificaciones para mantenerse actualizado y se han desarrollado nuevas secciones, a través de los años, como se muestra en la siguiente lista:

Año	Sección	Título
1921	III	Calderas para Locomotoras (esta sección se integró en la sección I en 1963, destinándose la sección III a Recipientes Nucleares).
1922	V	Calderas en Miniatura (esta sección se incluyó en la sección I en la edición de 1962).
1923	IV	Calderas para Calefacción a Baja Presión.
1924	II	Materiales.
1925	VIII	Recipientes a Presión no Sometidos a Fuego Directo (con la publicación de las "Reglas Alternativas para los Recipientes a Presión" el título fue corregido, en 1968, y se denominó Recipientes a Presión – División I").
1926	II	Reglas Sugeridas para el Mantenimiento de Calderas de Potencia.
1940	IX	Calificación de Soldaduras (originalmente fue editado en 1937 como un suplemento de la sección VIII, pero en 1940 fue editado por separado).
1963	III	Recipientes Nucleares (fue revisado totalmente en 1971, nombrándolo "Componentes de Plantas de Energía Nuclear").
1968	VIII	Recipientes a Presión División 2 Reglas Alternativas.
1970	X	Recipientes a Presión de Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio.
1970	XI	Inspección en Servicio de los Sistemas de Refrigeración del Reactor Nuclear.
1971	V	Ensayos No Destructivos.
1975	III	División II Vasijas de Reactor y de Contención de Hormigón.

### 3.2.2 Alcance del Código ASME

La función del Comité de Calderas y Recipientes a Presión es establecer reglas de seguridad que gobiernen el diseño, la fabricación y la inspección durante la construcción de calderas y recipientes a presión e interpretar estas reglas cuando surjan dudas relativas a su significado. Al formular estas reglas, el Comité considera las necesidades de usuarios, fabricantes e inspectores de recipientes a presión. El objeto de las reglas es proporcionar una protección razonable de vidas y propiedades, así como proveer un margen de deterioro en servicio, con objeto de dar un

periodo de utilización razonablemente largo y seguro. Se ha reconocido el progreso en el diseño y materiales, y la evidencia de la experiencia.

El Código contiene requerimientos mandatorios, prohibiciones específicas y guías no mandatorias para las actividades de fabricación. El Código no encauza todos los aspectos de estas actividades y aquellos aspectos los cuales no están específicamente contemplados no deben ser considerados como prohibiciones. El Código no es un manual y no puede reemplazar la educación, la experiencia y el uso del criterio ingenieril. La frase criterio ingenieril se refiere al juicio técnico externado por la experiencia de diseñadores con conocimiento en la aplicación del Código. El criterio ingenieril debe ser consistente con la filosofía del Código y tales juicios nunca deben ser utilizados para regir sobre los requerimientos mandatorios o prohibiciones específicas del Código.

El Comité de Calderas y Recipientes a Presión reconoce que las técnicas y herramientas empleadas para el diseño y el análisis cambian con los avances de la tecnología y supone la práctica del buen juicio del ingeniero en la aplicación de estas herramientas. El diseñador es el responsable de que se cumplan las reglas del Código y demuestre su cumplimiento por medio de las ecuaciones cuando éstas son mandatorias. El Código ni requiere ni prohíbe el uso de computadoras para el diseño o análisis de componentes fabricados de acuerdo a los requerimientos del Código. Sin embargo, los diseñadores e ingenieros usuarios de los programas de computadora son los responsables de las suposiciones técnicas inherente a los programas, de su uso, y de la aplicación de éstos en su diseño.

Cuando las tolerancias dimensionales, de tamaño u otros parámetros no están especificados, los valores de estos parámetros son considerados nominales y las tolerancias permitidas o las variaciones locales pueden ser consideradas aceptables cuando están soportadas en el criterio ingenieril y en la práctica común de taller.

El Comité de Calderas y Recipientes a Presión se ocupa del cuidado e inspección de calderas y recipientes a presión en servicio únicamente hasta el punto de proveer reglas sugeridas de buenas prácticas como una ayuda a los usuarios y a sus inspectores. Las reglas establecidas por el Comité no deben interpretarse como aprobación, recomendación o garantía, para algún diseño específico o patentado, o como limitación en alguna forma a la libertad del fabricante para elegir cualquier método de diseño o forma de construcción que satisfaga a las reglas del Código.

El Comité de Calderas y Recipientes a Presión se reúne regularmente para considerar revisiones de las reglas, nuevas reglas que dicta el desarrollo tecnológico. Casos del Código y solicitudes para interpretaciones. Las solicitudes para interpretación pueden dirigirse al Secretario por escrito y deben dar referencias completas para recibir consideración y una interpretación por escrito. Las revisiones al Código propuestas que resulten por las solicitudes se presentarán al Comité Principal para la acción apropiada. La acción del Comité Principal llega a ser efectiva sólo después de confirmación por balota de cartas del Comité y la aprobación por la ASME.

Las revisiones al Código propuestas aprobadas por el Comité se dejan a la decisión del Instituto Nacional de Normas Americanas (ANSI) y se publican en la revista "Ingeniería Mecánica" para su análisis y comentarios de todas las personas interesadas. Después del tiempo asignado

para la censura pública y aprobación final por ASME se publican anualmente en los suplementos ( Addenda ) al Código.

Los casos del Código pueden usarse en la construcción de componentes que van a ser estampados con el símbolo del Código ASME, a partir de la fecha de su aprobación por ASME.

Después de que las revisiones al Código son aprobadas por ASME, estas pueden usarse a partir de la fecha de su publicación que aparece en el Suplemento. Las revisiones, excepto por revisiones a especificaciones de materiales de la Sección II, Parte A y B, se hacen obligatorias, como un requisito mínimo, seis meses después de la fecha de su publicación, excepto para calderas o recipientes a presión contratados en fechas anteriores al cumplimiento del periodo de seis meses.

Las revisiones a especificaciones de materiales son originadas por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales ( ASTM ), y son generalmente adoptadas por la ASME. Sin embargo, esas revisiones pueden o no tener efecto alguno en la calidad apropiada del material, debido a ediciones previas de las especificaciones, para uso en la construcción ASME. Las especificaciones de materiales de ASME aprobadas para uso en cada construcción de Código se enlistan en los apéndices de la Sección II. Partes A y B. Estos Apéndices refieren para cada especificación, la última edición de ASTM adoptada por ASME, y las ediciones anteriores y posteriores consideradas por ASME deben ser idénticas para construcción de ASME.

Previene a fabricantes y usuarios de componentes contra el uso de revisiones y casos que son menos restrictivos que requerimientos anteriores sin tener la seguridad de que hayan sido aceptados por las autoridades apropiadas en la jurisdicción en la cual el recipiente va a ser instalado.

Invita a cada Estado o municipio de los Estados Unidos y cada provincia en Canadá que adopta o acepta una o más Secciones del Código de Calderas y Recipientes a Presión, a nombrar un representante para que actúe en el Comité de Conferencias para el Comité de Calderas y Recipientes a Presión. Puesto que los miembros están en contacto activo con la administración y en hacer cumplir las reglas, los requisitos para inspección en este Código corresponden con aquellos en vigor en sus respectivas jurisdicciones. Las calificaciones requeridas para un Inspector Autorizado según estas reglas pueden obtenerse de la autoridad administrativa de cada Estado, Municipio o Provincia que haya adoptado las reglas del Código ASME.

El Comité de Calderas y Recipientes a Presión, en la formulación de sus reglas y en el establecimiento de las presiones máximas de diseño y de operación, considera materiales, construcción, métodos de fabricación, inspección y dispositivos de seguridad. Puede conceder permiso a asociaciones y organizaciones reguladoras que publiquen normas de seguridad, para usar como referencia una Sección completa del Código. Si el uso de una Sección, tal como la Sección IX, incluye excepciones, omisiones o cambio de estipulaciones, la intención del Código podría no cumplirse.

Cuando un Estado u otro cuerpo de regulación efectúa adiciones u omisiones en la impresión de cualquier Sección del Código ASME para Calderas y Recipientes a Presión, se recomienda que tales cambios se indiquen claramente.

El Consejo Nacional de Inspectores de Calderas y Recipientes a Presión está constituido por inspectores en jefe, de Estados y Municipios de los Estados Unidos y de provincias de Canadá. Este Consejo desde su organización en 1919, ha fungido para administrar y en hacer cumplir uniformemente las reglas del Código para Calderas y Recipientes a Presión. La cooperación de esta organización con el Comité de Caldera y Recipientes a Presión, ha sido extremadamente útil.

Los Estados, Municipios, Provincias u otras Entidades para hacer cumplir, regular y que tienen jurisdicción en cualquier instalación particular pueden establecer requerimientos adicionales a los mencionados en el Código. Las solicitudes que conciernen a tales requerimientos deben ser dirigidas al cuerpo apropiado que los emiten. Las dudas o las decisiones con respecto a la aplicación del Código a un componente específico se debe dirigir al Poseedor del Certificado de ASME ( Fabricante ). Las solicitudes sobre la interpretación del Código se deben dirigir al Comité de Calderas Y Recipientes a Presión de ASME. Se debe notificar a la ASME sobre las dudas que conciernen al uso impropio del Símbolo de Código ASME.

Las especificaciones para materiales base referidas en la Sección II, Partes A y B, son idénticas o similares, a las de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). Cuando en una especificación de materiales de ASME se hace referencia a una Especificación ASTM, para la cual existe una Especificación ASME adjunta, la referencia deberá interpretarse como aplicable a la Especificación de Materiales ASME.

Las Especificaciones para materiales de aporte y soldadura, descritos en la Sección II Parte C, son idénticas o similares, a las especificadas por la Sociedad Americana de Soldadura ( AWS ).

No todos los materiales incluidos en las Especificaciones de Materiales ASME, de la Sección II, se han adoptado para uso del Código. El uso se limita a los materiales y grados adoptados por al menos una de las otras Secciones del Código para aplicación según las reglas de esa Sección. Todos los materiales que se permiten por estas diversas Secciones y utilizados para construcción dentro del alcance de sus reglas deberán ser suministrados de acuerdo a la Especificación de Materiales ASME, contenidas en la Sección II, o provistas de referencia en los apéndices A de la Sección II, partes A y B, excepto como este estipulado de otro modo en los casos del Código o en la Sección del Código que sea aplicable. Los materiales cubiertos por estas especificaciones son aceptables para uso en partidas cubiertas por las Secciones del Código sólo hasta el grado indicado en la Sección Aplicable. Los materiales para uso bajo el Código se deben preferiblemente ordenar, producir y documentar sobre esta base; el apéndice A de las Partes A y B de la Sección II consideran una relación de las ediciones de ASME y de las especificaciones de la ASTM que reúnen los requerimientos de la ASME y las cuales se pueden utilizar en construcción bajo los requerimientos del Código.

El material fabricado según una especificación de ASME o de ASTM con requerimientos diferentes a los requisitos originales de las especificaciones correspondientes, manifestados en la lista de los Apéndices A, de las Partes A y B también se pueden utilizar de acuerdo con lo previamente comentado, siempre y cuando el fabricante del material o el fabricante del recipiente certifique con evidencia aceptable para el Inspector Autorizado que los requerimientos correspondientes de las especificaciones enumeradas en los apéndices A, han

sido reunidos. El material fabricado bajo una especificación de materiales ASME o ASTM, no esta limitada por lo que toca al país de origen.

Cuando se requiera para el contexto del Código, el singular deberá interpretarse como el plural y viceversa, y el género masculino, femenino o neutro, se tratará tal como sea apropiado.

La publicación del Código ASME de Calderas y Recipientes a Presión en el Sistema Internacional, fue cancelado en la edición 1986 y se suprimió como documento del Código ASME.

Las once Secciones que hoy en día constituyen el Código ASME, se editan íntegramente cada tres años, habiendo sido su última edición en el año 2001 y la siguiente se publicará en el año 2004.

El Código ASME edita anualmente un suplemento, denominado Addenda, en la cual incluye adiciones y revisiones para cada una de las Secciones del Código. Dicho documento es enviado cada año a las Organizaciones y Asociaciones que compraron alguna sección del Código, hasta que se publique la siguiente edición. En la fecha de la elaboración del presente trabajo, se han editado dos Addendas correspondiente al año 2002 y la Addenda concerniente al año 2003 editada en el mes de julio.

El Consejo de Códigos y Normas de la ASME reconocido como una de las organizaciones más grandes de Normalización a nivel internacional, trabaja en forma conjunta con el Instituto Nacional Americano de Normalización (ANSI), con el objetivo de que todas las normas y códigos que elabora, desarrolla y mantiene actualizados, cumplan con los requerimientos de ANSI, para que sean considerados y aceptados como una Norma ANSI.

### 3.2.3 Secciones Que Integran el Código ASME

El Código ASME de Calderas y Recipientes a Presión (ASME Boiler and Pressure Vessel Code) al año 2003, esta constituido por once secciones, que a continuación se describen:

Sección	Título
I	Reglas Para la Construcción de Calderas de Potencia.
II	Materiales Parte A Especificaciones Para Materiales Ferrosos. Parte B Especificaciones Para Materiales No Ferrosos. Parte C Especificaciones Para Soldadura. Parte D Propiedades.
III	Reglas para la construcción de componentes de centrales nucleares. Subsección NCA Requerimientos generales, para la división 1 y la división 2.  División 1 Subsección NB Componentes Clase 1.

Subsección NC Componentes Clase 2.  
Subsección ND Componentes Clase 3.  
Subsección NE Componentes Clase MC.  
Subsección NF Soportes.  
Subsección NG Estructuras de Soporte del Núcleo.  
Subsección NH Componentes Clase 1 en Servicio a Temperatura Elevada  
Apéndices

División 2 Código Para Recipientes y Contenedores de Concreto del reactor.

División 3 Sistemas de Contención para Empaque de Almacenamiento y Transporte de Material de Consumo de Fusión Nuclear y de Desecho con Alto Nivel de Radioactividad.

- IV Reglas para la Fabricación de Calderas para Calefacción.
- V Ensayos No Destructivos.
- VI Reglas Recomendadas para el Mantenimiento y Operación de Calderas para Calefacción.
- VII Guías Recomendadas para el Mantenimiento de Calderas de Potencia.
- VIII División 1 Reglas para la Fabricación de Recipientes a Presión.  
División 2 Reglas Alternas para la División 1.  
División 3 Reglas Alternas para la Fabricación de Recipientes para Alta Presión.
- IX Calificación de Soldaduras.
- X Recipientes a Presión de Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio.
- XI Reglas para la Inspección en Servicios en Componentes de Plantas Nucleares.

### 3.2.4 Normativa que gobierna el Diseño, Fabricación e Inspección

Las condiciones de operación de un Recipiente a Presión determinan que partes del Código ASME aplican en su diseño. La sección VIII, División I del código ASME aplica si la presión de diseño excede a 103KPa (15 lb/pulg<sup>2</sup>) o trabaja en vacío. Este límite está cubierto para una presión máxima de 20685 Kpa (3000 lb/pulg<sup>2</sup>), para diseños con presiones superiores hay que referirse a la División 3.

La Sección VIII, División 2. No determina límites de presión y el análisis está orientado a paredes más delgadas a expensas de un costo adicional en el análisis del diseño, inspección de materiales y pruebas durante la Fabricación.

La Sección III, se desarrollo con el adelanto de las plantas nucleares comerciales. Las subsecciones NB, NC, y ND rigen el diseño y construcción de los componentes Clase 1, 2 y 3, dentro de los cuales caen los recipientes a presión e intercambiadores de calor para plantas nucleares. En dicha sección los recipientes a presión y los intercambiadores de calor están divididos dentro de tres clases (ó grados). La clase 1, requiere se realice un diseño por análisis de esfuerzos, la Clase 2, permite un diseño por análisis ( párrafo NC-3200) o por fórmula ( párrafo NC-3300). La Clase 3 permite el diseño por fórmula y es equivalente al de la sección VIII División 1.

Respecto al diseño de los soportes estructurales, para apoyo, de los recipientes a presión, éstos no están determinados en el código ASME Sección VIII Div.1. La sección III del código ASME los incluye en la subsección NF, la cual determina el diseño de los soportes estructurales para las clases 1, 2 y 3 de los intercambiadores de calor y recipientes a presión.

Los estándares de la Asociación de Fabricantes de Intercambiadores Tubulares (TEMA), sustituye al código ASME, para el diseño de los componentes no sujetos a presión, de intercambiadores de calor. Los estándares TEMA en la actualidad son un conjunto de normas que deben cumplir los intercambiadores de calor en su diseño, construcción e inspección. El conjunto de normas que integran el TEMA son para los intercambiadores de calor clase-R, C y B.

El instituto de intercambiadores de calor ha publicado estándares, relacionados, con los aspectos de diseño no cubiertos por el Código ASME, como son: el haz de tubos, mamparas, sujetadores para redondos y espaciadores.

El Código ASME, Sección VIII, División 1, contiene: requerimientos mandatorios, requerimientos específicos, prohibiciones, guías no mandatorias para materiales de recipientes a presión, reglas de diseño, fabricación, examinación, inspección, pruebas, certificación y dispositivos de alivio de presión.

La División 1, esta clasificada en tres Subsecciones, Apéndices Mandatarios y Apéndices No Mandatarios.

La Subsección A consiste de la Parte UG que cubre los requerimientos generales aplicables a todos los recipientes a presión.

La Subsección B considera los requerimientos que aplican a los diferentes métodos empleados en la fabricación de recipientes a presión. Comprende tres partes a saber:

Parte UW.- Para recipientes que serán fabricados por soldadura.

Parte UF.- Para recipientes que serán fabricados con componentes de forja.

Parte UB.- Para recipientes que serán fabricados utilizando un material de aporte no ferroso.

Subsección C contempla los requerimientos específicos aplicables a las diferentes clases de materiales empleados en la fabricación de recipientes a presión. Incluye lo siguiente:

Parte UCS.- Para recipientes construidos con acero al carbono y de baja aleación.

Parte UNF.- Para recipientes fabricados con materiales no ferrosos.

Parte UHA.- Para recipientes producidos con aceros de alta aleación.

Parte UCI.- Para recipientes manufacturados con componentes de fundición de hierro (hierro colado).

Parte UCL.- Para recipientes con revestimiento de placa integral y con revestimiento de soldadura resistente a la corrosión y abrasión.

Parte UCD.- Para recipientes construidos con partes de fundición de hierro dúctil.

Parte UNT.- Para recipientes hechos con aceros ferríticos con propiedades de tensión mejoradas por tratamiento térmico.

Parte ULW.- Para recipientes fabricados por el método de multicapas.

Parte ULT.- Para recipientes construidos con materiales con esfuerzos permisibles altos a bajas temperaturas.

Los Apéndices Mandatarios del 1 hasta el 31 encauza las puntos específicos no cubiertos en ninguna parte de las Subsecciones A , B y C., sus requerimientos son de obligado cumplimiento cuando los puntos cubiertos están incluidos en la fabricación bajo esta División.

Los Apéndices No Mandatarios desde el A hasta el Y, AA, CC, DD, EE, proveen información y sugerencias de las buenas prácticas de diseño y fabricación.

Fundamentado en las consideraciones del Comité de Calderas y Recipientes a Presión; las siguientes clases de recipientes no están incluidos en el alcance de la División 1:

- Aquellos que están en el alcance de otras secciones.
- Calentadores tubulares para procesos de combustión.
- Contenedores de presión que forman parte integral o son componentes de equipos mecánicos rotatorios o recíprocos, tales como: bombas, compresores, turbinas, generadores, motores de combustión interna, y cilindros neumáticos e hidráulicos y donde las consideraciones de diseño primarias y / o esfuerzos son derivados de los requerimientos funcionales del dispositivo.
- Estructuras que forman parte integral de sistemas de tubería cuya función primaria es la conducción de fluidos de un punto a otro.
- Componentes de tubería como: bridas, empaques, tornillería, válvulas, juntas de expansión, accesorios y partes conteniendo presión de otros componentes tales

como trampas y dispositivos cuyo propósito sea: mezclar, separar, distribuir, reunir o controlar flujo.

- Recipientes para contener agua a presión, incluyendo aquellos que contienen aire, la compresión de los cuales sólo sirve como un amortiguador, cuando ninguna de las siguientes limitaciones son excedidas:  
presión de diseño de 300 psi (2070 kPa)  
temperatura de diseño de 210°F (99°C).
- Tanque de almacenamiento que abastece agua caliente, calentada por vapor u otros medios indirectos, cuando ninguna de las siguientes limitaciones son excedidas:  
suministro de calor no mayor de 58.600 W (200.000 Btu/h)  
temperatura del agua de 99 °C (210 °F)  
capacidad de 454.3 lt (120 galones).
- Recipientes sujetos a presión interna o externa menor de 1.0055 Kg./cm<sup>2</sup> (15psi), sin limitación en el tamaño.
- Recipientes que no excedan de 15.2 cm. (6pulgadas) de diámetro, ancho, altura o diagonalmente; sin limitación en la longitud del recipiente.
- Recipientes a presión para ocupación humana: cuyos requisitos están cubiertos por ANSI/ASME PVHO-1.

Las reglas de la División 1 fueron formuladas para el diseño de recipientes que no excedan 20685 kPa ( 3000 psi ); para presiones que excedan dicha presión se tiene como referencia la División 3.

En la División 1 se hace referencia a varias normas, tales como los Estándares ANSI/ASME, API los cuales cubren rangos de presión-temperatura, dimensionales, o procedimientos estándar para partes de recipientes a presión. Las reglas para el uso de estos estándares están implícitas en el contexto de la División 1.

A continuación se enuncian los estándares, con el año de la edición, aceptadas por la última edición de la División 1.

Documento:	Estándar	Año
Asientos Endurecidos para Válvulas de Alivio de Presión.	API Std. 527	1991
Cuerda Unificada para Tornillos en pulg. (forma de cuerda UN y UNR).	ASME B1.1	1989
Tubería Roscada, Propósito General (pulg.).	ANSI / ASME B.1.20.1	1983
Tubería de Hierro Fundido y Accesorios Bridados, Clase 25, 125, 250, y 800.	ASME / ANSI B16.1	1989
Bridas para Tubería y Accesorios Bridados.	ASME B16.5	1996(1)

Documento:	Estándar	Año
Conexiones de Acero Forjado para Soldar a Tope. Fabricadas en taller.	ASME B16.9	1993
Conexiones Forjadas con caja soldable y roscadas.	ASME B16.11	1991
Conexiones Roscadas de Fundición de Bronce clase 125 y 250.	ANSI / ASME B16.15	1985
Empaques Metálicos. para bridas, Tipo junta- anillo. en espiral. devanado y en chaqueta.	ASME B16.24	1991
Bridas y Conexiones para Tubería de Fundición de Cobre en la Clase 150, 300, 400, 600, 900, 1500 y 2500.	ASME B16.24	1991
Codos y Codos retorno de radio corto Para soldadura a tope de acero forjado.	ASME / ANSI B16.28	1986
Bridas y Conexiones Bridadas de Hierro Dúctil Clase 150 y 300.	ASME / ANSI B16.42	1987
Bridas de Acero de Diámetro de 26" hasta 60".	ASME B 16.47	1996
Tuercas Hexagonales y Cuadradas ( serie en pulgadas).	ASME / ANSI B18.2.2	1987
Tubería de Acero con costura y sin costura.	ANSI / ASME B36.10	1985 1994(2)
Dispositivos de Alivio de Presión.	ASME PTC 25	1994
Calificación para Inspección Autorizada.	ASME QAI-1	(3)
ASNT Programa Central de Certificación.	ACCP	1997 Rev.3 Nov.
ASNT. Estándar para Calificación y Certificación de Personal de Ensayos No Destructivos.	CP-189	1995

Documento:	Estándar	Año
Prácticas Recomendadas para Calificación y Certificación de Personal en Ensayos No destructivos.	SNT-TC-1A	1996 A98
Método de Prueba por Punto Rápido con Probador Cerrado e Identificado.	ASTM D56	1987
Método de Prueba por Punto Rápido con Probador Cerrado de Pensky-Martens.	ASTM D93	1990
Métodos de Prueba de Tensión para Materiales Metálicos.	ASTM E8	1990
Métodos de Verificación y Clasificación de Extensómetros.	ASTM E83	1990
Referencia Fotográfica de Indicaciones Para Partículas Magnéticas Ferrosas en Fundición.	ASTM E125	1963 (R1985)
Tabla de Conversión de Durezas para Metales.	ASTM E140	1988
Referencia Radiográfica para Paredes Gruesas de 51 a 114 mm (2" a 4½") de Acero Fundido.	ASTM E186	1988
Conducción de la Prueba de Caída de Peso para Determinar la Ductilidad y Transición de Temperatura del Acero Ferrítico.	ASTM E208	1987a
Referencia Radiográfica para Paredes Gruesas de 114 a 305 mm (4½" a 12") de Acero Fundido.	ASTM E280	1998
Referencia Radiográfica para Acero Fundido Hasta 51 mm (2") de Espesor.	ASTM E446	1998
Sistemas de Identificación y Etiquetado.	ANSI / UL-969	1991

Notas:

Uso de

(1) UG-11 (a) (2); (2) R- Reafirmado; (3) Ver UG-91

Además de la División 1, que previamente se describió en forma general, intervienen para el diseño, adquisición de materiales, fabricación e inspección, las siguientes secciones del Código ASME:

Sección II, Materiales, Partes A, B, C y D.

Sección V Ensayos No Destructivos.

Sección IX Calificación de Soldadura.

Se considera esencial que el Inspector tenga nociones, de todas o en su mayor parte de las asociaciones, sociedades e institutos con que colabora la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos ( ASME ); de manera que este informado de los códigos y normas que editan, para que pueda estar actualizado e incrementa su acervo técnico, amplíe su ámbito de actividades y proporcione apoyo técnico en el desempeño de su trabajo. A continuación se citan las principales Asociaciones, Sociedades e Institutos:

La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos ( ASME ), participa con:

-el Instituto Nacional Americano de Normalización (ANSI), con el objetivo de que los códigos y normas que edita cumplan con los requerimientos y preceptos de ANSI y estos sean aceptados como estándar ANSI.

-la Sociedad Americana de Soldadura (AWS), en el estudio y elaboración de especificaciones de materiales de aporte, electrodos y soldadura.

-la Sociedad Americana para Materiales y Pruebas (ASTM), en la elaboración y desarrollo de especificaciones de materiales, pruebas y ensayos.

-el Instituto Americano del Petróleo (API), en la preparación de especificaciones sobre tanques de almacenamiento atmosférico.

## Capítulo IV. CALIDAD

### 4.1 Calidad

En la edad media, la venta de mercancías y servicios era lo suficientemente sencilla para que cualquier consumidor pudiera comprenderla. Se trataba de artículos y servicios que el comprador podía haberse procurado por sí mismo, si no hubiera percibido que le convenía más pagar por la especialización necesaria para su fabricación. Por lo tanto el comprador podía constatar lógicamente la calidad del artículo que adquiría, ya que al fabricante le resultaba difícil ocultar los defectos de su producto (una carreta, una carretilla, un arado, etc.).

Por el contrario con el desarrollo actual de la tecnología, pocos compradores pueden determinar la calidad de un televisor, un automóvil, enseres domésticos, etc. En consecuencia la decisión de compra se basa con frecuencia en rumores y deducciones que no son siempre la mejor evidencia, pero a menudo es la única disponible.

La decisión se puede tomar por la recomendación de un amigo o conocido que ya posee dicho artículo y expresa que funciona satisfactoriamente.

Cuando se hace alusión al término calidad, comúnmente se asocia y aplica como un distintivo a un producto o servicio, cuyas bondades y utilidad, pueden evaluarse como: excelente, bueno, malo, peor o igual con respecto a otro de su misma especie, que realiza funciones semejantes.

En función al uso que se dará al producto o servicio en cuestión, será el adjetivo que se le asocie y se infiere que puede:

- satisfacer e incluso rebasar las expectativas del usuario o cliente, o
- no cumplir los propósitos esperados, para el que se adquirió.

La palabra calidad puede tener varias acepciones como:

La calidad es cumplir con los requerimientos del cliente.

La calidad es la satisfacción del cliente.

Adecuado para el uso

De acuerdo con la definición del diccionario es la "valía, excelencia de una cosa".

Por su parte y de acuerdo con la norma NOM-CC-1-1990 Sistema de Calidad- Vocabulario la define como: Conjunto de propiedades y características de un producto ó servicio que le confiere la aptitud para satisfacer las necesidades implícitas o explícitamente preestablecidas. Definición que coincide con la de la norma ISO-8402 Vocabulario de Calidad.

Consecuentemente la calidad de un producto es el conjunto de propiedades, que determina el que éste sea apto al fin a que se destina, a un precio razonable.

El término calidad es más complicado de asignar, cuando el producto es más complejo y su falla puede ocasionar estragos para los habitantes de una comunidad o al medio ambiente, con sus respectivas consecuencias económicas.

Anteriormente la Calidad era un sinónimo de prestigio e instrumento que auxiliaba a una empresa a desplazar y vender su producto. En nuestros días es una cualidad fundamental, demanda indiscutible y la clave para que una organización pueda acceder a competir a cualquier mercado de consumidores, sea mercado nacional o internacional.

La visión actual de algunos empresarios es que su compañía fabrique productos o preste servicios de calidad; esto es "buena calidad" lo cual significa la mejor calidad que puede producir con su tecnología, capacidades de proceso y con sus recursos humanos. Sin embargo, no consideran que su empresa debe adaptarse a las nuevas exigencias, concebidas por la integración de mercados. Siendo una de estas condiciones la normalización, desarrollo y sistematización de la calidad de los productos y / o servicios.

Invariablemente el nivel de calidad se hace prioritario, no siendo suficiente expresar "damos buena calidad", sino que es indispensable exhibir las evidencias objetivas que avalen el cumplimiento de la normativa estipulada, con lo que el fabricante demuestra su buen oficio y buen hacer.

La calidad debe ser considerada como una responsabilidad, que todos los integrantes de una empresa, deben de compartir y en ella participan desde el personal de intendencia hasta el Presidente ó Director General de una empresa, y se inicia en el momento que el departamento de mercadotecnia o ventas comprende y define las necesidades del cliente y continua hasta que el producto terminado está en manos de un cliente satisfecho.

En la actualidad cualquier tipo de industria que produzca un bien o servicio y que quiere mantenerse y ser competitivo en el mercado debe consolidar, mejorar y asegurar la calidad con base en el control de calidad, el aseguramiento de la calidad y la inspección. Temas que serán tratados en los siguientes puntos.

## **4.2 Control de Calidad (CC)**

La historia del control de la calidad se remonta, indudablemente, a los primeros esfuerzos de producción del género humano. Con toda seguridad la manufactura de un producto que cumpliera con su cometido debe de haber sido un motivo de orgullo para su fabricante, y sin duda una frustración en el caso contrario.

Durante la Edad Media se popularizo la costumbre de poner marca a los productos y con esta práctica se desarrollo el interés de mantener una buena reputación, de parte de los artesanos, asociada con la marca.

La revolución industrial trajo consigo el sistema de fabricas y la especialización. Es un hecho que dicha especialización puede dar por resultado un considerable aumento en la manufactura de artículos; una mayor producción a partir de un número dado de horas-hombre, es posible hacerlo sin sacrificar la calidad; no obstante a medida que se producía, con la distribución del trabajo, surgía con frecuencia un problema diferente; La monotonía de la producción embota los sentidos y la calidad generalmente se ve afectada. En consecuencia, la función de controlar la calidad del producto se transforma en una tarea separada.

El término "control" se refiere a la actividad ( o inactividad ) diseñada para cambiar una condición actual, o para hacer que permanezca inalterable. Desde el punto de vista industrial, el objetivo del control de calidad es mantener una calidad o característica del producto dentro de un nivel satisfactorio. Es un proceso continuo, para evaluar el desempeño de los procesos de producción y compararlo con las metas que se requieren alcanzar y se define:

En la Norma Oficial Mexicana NOM-CC-1-1990 "Sistema de Calidad – Vocabulario" como: El conjunto de métodos y actividades de carácter operativo para satisfacer el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos.

En el documento IO CFR 50 apéndice B Federal Regulations. Código de Regulaciones Federales de los EE.UU. Criterios de Aseguramiento de Calidad para Plantas Nucleares como: Los medios y análisis relacionados con las características físicas de un material, estructura, sistema o componente que permite la comprobación del cumplimiento de especificaciones impuestas previamente.

En general se concibe como la aplicación de técnicas y esfuerzos para lograr mantener y mejorar la calidad de un producto o servicio, lo cual implica la integración de tecnología y actividades relacionadas entre si, siendo estas:

- a) La normativa que indica los requerimientos mínimos más no limitativos, que se deben cumplir, establece que se necesita, que se debe alcanzar y se refleja en características de calidad medibles.
- b) El diseño del producto o servicio se adecue y adapte para su fabricación o prestación con los recursos materiales de que dispone la organización de tal manera que pueda cumplir con las especificaciones
- c) En su producción se disponga de los recursos documentales, recursos materiales y recursos humanos calificados que sean necesarios para obtener el producto o servicio proyectado
- d) Que Inspección disponga de las referencias documentales, instrumentos de medición y recursos humanos calificados para cerciorarse del cumplimiento de las especificaciones y sea un medio de medición de las características de calidad.

La ejecución de estas actividades proporcionara, al cliente y/o usuario, un mejor producto o servicio a un menor costo.

La decisión de hasta donde debe hacerse hincapié en el control de calidad, es similar a otras decisiones de la empresa; se justifica principalmente en factores económicos. El grado de tolerancia varia entre el efecto que puede producir una disminución del control de calidad y el costo de dicho control. Si el producto es de tal naturaleza que dentro de su uso normal algún defecto puede llegar a lesionar a alguien, este factor no se puede ignorar. En todo caso, quien determina no sólo la cantidad de productos que se pueden vender a un precio dado , sino también el grado de calidad que deben tener éstos es el cliente, el usuario.

Para el fabricante es importante saber lo que el cliente quiere. Pocas empresas pueden sobrevivir a menos que fabriquen lo que la gente quiere específicamente, o bien, a menos que la convenzan de la necesidad de determinado artículo. Cuando se desea un producto, por lo general se quiere

perfecto y al más bajo precio posible. La perfección absoluta de un producto es imposible de lograr y repetir sea cual fuere el costo de producción. Aún aproximaciones muy cercanas a la perfección son demasiado costosas para que los fabricantes de la mayoría de los productos traten de alcanzarlas. Cuando el fabricante debe producir un artículo con un estándar de calidad muy elevado sus costos lo obligan a fijar un precio que la mayoría de los clientes considerarían extremadamente alto. El resultado del equilibrio entre el costo y la tolerancia en calidad del producto, es la fabricación de mercancías con una calidad en general satisfactoria, y la producción de servicios a un costo menor que el que los clientes están dispuestos a pagar. En este difícil equilibrio entre los deseos de perfección del cliente y los del fabricante para minimizar el costo, es donde opera el control de calidad.

El control de calidad está relacionado con los procesos de producción; aquellos procesos que no pueden producir un nivel de calidad satisfactorio se deben cambiar.

El control de la calidad se auxilia en el control estadístico de la calidad (CEC) y en el control estadístico del proceso (CEP).

La estadística es una ciencia que se ocupa de “la recopilación, organización, análisis, interpretación y presentación de datos”. Su objetivo en el CC es ayudar a los administradores, supervisores y operadores a controlar la calidad en la manufactura de un producto o en la prestación de un servicio, con base en deducciones obtenidas por medio de datos acumulados a través de los años, relacionadas con la característica en cuestión.

La metodología estadística dispone de la:

- a) Estadística descriptiva. Que se encarga de la recopilación eficaz, la organización y la descripción de los datos, la distribución de frecuencias e histogramas que se emplean para organizar y presentar datos. Las mediciones de la tendencia central (promedios, medias y proporciones) y las mediciones de la dispersión (recorrido, desviación estándar y variaciones), proporcionan información cuantitativa importante acerca de la naturaleza de los datos.
- b) Estadística Inferencial.- que es el proceso de sacar conclusiones, acerca de características desconocidas de una población de la cual se tomaron los datos.
- c) Estadística Predictiva.- cuyo propósito es obtener predicciones de valores futuros, con base en datos históricos auxiliándose de la correlación y el análisis de regresión.

Control Estadístico del Proceso (CEP)

Es una metodología en la que se usan gráficas de control para ayudar a los operadores, supervisores y administradores a vigilar la producción de un proceso para identificar y eliminar las causas especiales de variación. Es una técnica demostrada para reducir el desperdicio y el reproceso y aumentar así la productividad. También es la base de la determinación de la capacidad del proceso y de la predicción del rendimiento o beneficio del mismo.

Hay dos razones fundamentales para aplicar el CEP:

La primera permite determinar cuando emprender acciones para ajustar un proceso, que ha salido de control, y prevenir defectos.

La segunda señala cuando dejar solo un proceso para mantener variaciones al mínimo.

Por lo tanto, el CEP equivale a identificar y eliminar las causas especiales de variación.

En el CEC y CEP se utilizan ampliamente siete herramientas para mejorar la calidad, las cuales se ajustan muy bien al proceso creativo de solución de problemas y están pensadas para que las puedan utilizar con facilidad los trabajadores de todos los niveles, a continuación se describen:

Diagramas de flujo	Aclarar confusión
Hojas de verificación	Localización de hechos
Diagramas de Pareto	Identificar problemas
Histogramas	Identificar problemas
Diagramas de causa-efecto	Generar ideas
Diagramas de dispersión	Inventar soluciones
Gráficas de control	Puesta en práctica

La implantación de un sistema de control de calidad y la elaboración del manual respectivo es de obligado cumplimiento para todo fabricante que desee construir recipientes a presión con estampado ASME.

Referente a la normativa para desarrollar y planear un sistema de control calidad, prácticamente no se encuentra documentado, a excepción del editado en el Apéndice 10, Sistema de Control de Calidad, contenido en la División I de la Sección VIII del Código ASME. Que establece los lineamientos para el desarrollo de un manual de control de calidad, aplica concretamente para la industria metalmecánica que fabrica recipientes a presión. No obstante, los criterios contenidos en este documento, no son limitativos, y se pueden adaptar para el resto de la industria convencional.

Los puntos contenidos en el Apéndice 10, que se deben desarrollar y plasmar, como mínimo, en un manual de control de calidad para recipientes a presión, son:

Autoridad y responsabilidad de los involucrados en el diseño, fabricación y control de calidad de recipientes a presión.

Organización.

Control de dibujos, memorias de cálculo y especificaciones.

Control de materiales

Programas de inspección y pruebas.

Acciones correctivas de no conformidades.

Control de procedimientos de soldadura

Ensayos no destructivos.

Tratamientos térmicos.

Calibración de equipo de medición y pruebas.

Control de registros de calidad.

Formatos para registros de calidad.

Inspección de recipientes y componentes de los mismos.

Inspección de válvulas de alivio de presión.

Previo a toda actividad productiva es imprescindible que toda empresa elabore un plan de calidad específico para el producto o servicio que va a fabricar y / o prestar. La planeación de la calidad, es el soporte para la obtención de un objetivo predeterminado y el resultado final de la secuencia de una serie de actividades y procesos desarrollados en la fabricación de un bien o servicio.

Para que un plan de calidad sea efectivo debe tener las siguientes características:

- a) Ser flexible. esto es, que permitan la inclusión de mejoras o actualización de recursos y métodos para satisfacer plenamente las necesidades del usuario.
- b) Indicar los objetivos de calidad deseados
- c) Delinear la secuencia de los procesos operativos de fabricación
- d) Definir la autoridad y responsabilidad en las diferentes etapas de fabricación.
- e) Definir los procedimientos o instrucciones de trabajo que aplican en las diferentes fases de fabricación.
- f) Definir las etapas y el momento de ejecución de pruebas, ensayos no destructivos e inspección.
- g) Contemplar un procedimiento alternativo para actividades no programadas ( modificaciones ), que interfieren en el avance de fabricación.
- h) Definir el o los métodos para medir las características de calidad obtenidas.
- i) Considerar acciones complementarias, necesarias para alcanzar el propósito determinado.

La eficacia en el proceso productivo, de un plan de calidad, depende, de que: el personal involucrado tenga conocimiento del documento, su utilidad y aplicación, este disponible en el área que se requiera en su ultima revisión o edición y que refleje el proceso operativo; permitiendo el seguimiento de los requerimientos de calidad del producto o servicio.

### **4.3 Aseguramiento de Calidad**

Los criterios de Aseguramiento de Calidad que se emplean hoy en día en la industria convencional son el resultado de los utilizados en la década de los años 50's, en la industria militar y aeroespacial, de los Estados Unidos, y posteriormente en la industria nuclear.

En el plan. "Europa 1992", la integración de los mercados de los países que constituyen la comunidad económica europea, que entro en vigor a finales del año 1992, tuvo un gran impacto en la normalización de los Sistemas de calidad.

Las dos fuerzas principales detrás de este impacto mundial fueron: los mercados y las normas comunes, cualquier empresa que pretenda exportar sus productos o servicios , no puede pasar por alto el mercado europeo.

Para normalizar los requisitos de intercambio comercial en el mercado común de los países europeos y para quienes deseen hacer negocios con ellos, La Organización Internacional de

Normalización (ISO), edito en el año de 1987 una serie de normas de Calidad, denominadas como la serie ISO – 9000.

Estas fueron adoptadas, en el mismo año, en EE.UU., por su entidad normativa el Instituto Nacional Americano de Normalización (ANSI) con la aprobación y cooperación de la Sociedad Americana para el Control de Calidad (ASQC). La versión estadounidense de las normas ISO – 9000 se designo como la serie ANSI/ASQC – Q

Debido a los cambios vertiginosos que se han dado con la integración de mercados, México al igual que los países industrializados, a través de la Dirección General de Normas de la Secretaria de Comercio y Fomento Industrial (actualmente Secretaria de Economía ) adopta y edita en el año de 1990, el esquema de normalización, referente a la calidad, editado por ISO; y las designa como la serie NOM – CC.

Las normas oficiales mexicanas de calidad (NOM) tienen la siguiente concordancia con las normas internacionales:

	No. NOM	No.ISO	No. ANSI/ASQC
Gestión de calidad guía para la selección y el uso de normas de Aseguramiento de Calidad	CC-2-1990	9000-1987	Q-90-1987
Modelo para el Aseguramiento de la Calidad aplicable al proyecto-diseño, la fabricación, la instalación y el servicio	CC-3-1990	9001-1987	Q-91-1987
Modelo para el Aseguramiento de la Calidad aplicable a la fabricación e instalación	CC-4-1990	9002-1987	Q-92-1987
Modelo para el Aseguramiento de la Calidad aplicable a la inspección y pruebas finales	CC-5-1990	9003-1897	Q-93-1987
Gestión de la Calidad y elementos de un sistema de Calidad, directrices generales	CC-6-1990	9004-1987	Q-94-1987

Conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-CC-1-1990 “ Sistemas de Calidad-Vocabulario”. El aseguramiento de Calidad se define como: El conjunto de actividades planeadas y sistemáticas, que lleva a cabo una empresa con el objeto de brindar la confianza apropiada de que un producto o servicio cumple con los requisitos de calidad especificados.

Para la grande, mediana y pequeña empresa que tienen o están en el proceso de implantar un Sistema de aseguramiento de Calidad significa tener la certeza de que la calidad obtenida es la que se proyectó de origen, ya que la calidad no solo debe de controlarse sino también asegurarse. El Aseguramiento de la Calidad tiene la responsabilidad directa de ejecutar una evaluación de la adecuación y efectividad en la implantación de un sistema de este tipo. Para que en caso de ser necesario se pueda estar en condiciones de aplicar oportunamente acciones correctivas y ofrecer retroalimentación a la parte que genera la deficiencia.

El Aseguramiento de Calidad también se denomina Garantía de Calidad, y tiene como finalidad: Suprimir totalmente la improvisación.

Entregar productos o servicios de mejor calidad.

El ahorro en recursos económicos, en recursos materiales, en recursos humanos al evitarse tiempos perdidos por retrabajos suscitados por una calidad deficiente en el producto suministrado o servicio prestado.

Una mejora continua de la calidad.

Situar a la organización en un mejor plano de competitividad en el mercado.

Para alcanzar los objetivos antes expresados, es indispensable:

Definir y documentar las políticas de calidad, en dos manuales, donde se indican las pautas de calidad a seguir por la empresa.

Preparar un Manual de Aseguramiento de Calidad donde se determinen y precisen los principios, objetivos y requerimientos derivados de las políticas de calidad que deben cumplirse, así como definir las responsabilidades y responsables encargados de: desarrollar, implementar, vigilar y auditar el cumplimiento de la implantación del sistema.

Preparar un manual de procedimientos específicos que involucren a todos sus departamentos o áreas de la empresa, de tal forma que se pueda demostrar con evidencias objetivas que se cumple con lo que está escrito referente a la calidad.

Contar con la organización y recursos humanos capacitados para cumplir los puntos antes descritos.

El Aseguramiento de Calidad no supone la implantación de principios derivados de nuevas tecnologías, sino que consiste en la normalización, sistematización y aplicación programada de criterios de calidad ya existentes; que encontrándose dispersos se aplicaban en general inadecuada o indiscriminadamente; omitiéndose en la mayoría de los casos la necesaria constancia documental de los mismos.

#### **4.4 Inspección**

Hoy en día, para estimar el estado de la calidad de un producto o servicio y tomar decisiones es necesario un medio de medición, ya que sin éste es imposible controlarla, asegurarla o mejorarla, para cerciorarse del cumplimiento de las especificaciones y así poder evaluar las características de calidad. El medio y/o método empleado, en el logro de este objetivo, es la inspección.

La inspección ha sido siempre parte vital de la manufactura. Antes de la revolución industrial, la inspección estaba estrechamente ligada con la producción. Los artesanos eran, al mismo tiempo, los fabricantes e inspectores y tenían la responsabilidad completa de la calidad de sus productos.

Al introducirse la producción en serie y la necesidad de intercambiar partes se hizo indispensable separar las actividades de inspección y manufactura. La inspección fue una de las primeras soluciones al problema de controlar la calidad del producto después de fabricarlo.

La inspección tiene por cometido juzgar la adecuación o conformancia contra las especificaciones de las materias primas o componentes para un ensamble, que son adquiridos por una empresa, el producto o bienes terminados que se fabrican o el servicio que se proporciona.

La inspección puede clasificarse de varias maneras, las más tradicionales son:

1.- Clasificación según el número de artículos inspeccionados.

a) Inspección del 100% en este tipo de inspección se comprueban individualmente todas las unidades del producto para separar las piezas buenas de las malas. Este tipo de inspección es necesaria cuando un defecto es crítico y la falla del producto puede tener un gran impacto económico o poner en riesgo la integridad física de un ser humano. Se efectúa cuando el lote es pequeño y se puede llevar a cabo con facilidad y fiabilidad.

b) Inspección por muestreo es la que tiene como fundamento la teoría estadística, en la cual se examina una muestra del producto, con objeto de tomar una decisión sobre la acción que se ha de acometer con un lote completo de producto. Este tipo de inspección es necesaria cuando el proveedor no puede confiar en la calidad que suministra el proveedor, la inspección del 100% es imposible debido al volumen de productos por revisar, se requiere un ensayo destructivo y análisis químicos. Se efectúa cuando hay muchas características a inspeccionar, los costos de inspección son elevados, se requiere que un fabricante mejore la calidad y practique el control de calidad. Se desea con esto garantizar la calidad de los lotes de producto con un mínimo de unidades defectuosas.

c) Inspección de comprobación, es para verificar grandes cambios en los niveles de calidad, con muestra pequeñas. Se emplea con fines de control del proceso o para comprobar el trabajo normal de inspección.

d) Inspección cero no se requiere para un proceso que es estable y está en estado controlado, y todos los productos cumplen la normativa de calidad especificada.

2.- Clasificación según la etapa del flujo del producto.

a) Inspección de aceptación es la que se realiza en materias primas, partes o componentes, al recibirlos de los proveedores, en cualquier punto del proceso de producción o después de terminada la producción, para decidir si se aceptan o no los artículos. El objetivo de este tipo de inspección es asegurar que los productos cumplan con la normativa especificada y evitar que materiales no conformes sean utilizados en el proceso.

b) Inspección intermedia es la que se lleva a cabo entre procesos, para decidir si un producto o lote puede pasar del proceso anterior al siguiente.

c) Inspección durante la entrega se efectúa en el momento en que un producto se entrega a un cliente.

d) Inspección del producto almacenado es la que se practica al producto, cuando ha estado almacenado durante un largo período de tiempo. Las características a inspeccionar dependerán del tiempo de almacenamiento.

- e) Inspección de auditoría se aplica para comprobar y diagnosticar si la inspección normal esta funcionando. Generalmente, la lleva a cabo el departamento de Aseguramiento de Calidad.
- f) Inspección por terceras partes es la llevada a cabo por agencias externas de inspección, con la finalidad de comprobar el cumplimiento de las especificaciones previamente establecidas.

### 3.-Clasificación según el método de enjuiciamiento utilizado.

- a) Inspección por variables es aquella en la cual se juzga al producto basándose en las variables. En la industria nacional se encuentra documentada en la Norma Oficial Mexicana NOM-Z14-1983 "método de muestreo y gráficas para la inspección por variables" define la inspección por variables como aquella bajo la cual se evalúan separadamente cada una de las características de calidad con respecto a una escala continua y los resultados se expresan como valores numéricos dentro de la escala correspondiente.
- b) Inspección por atributos al producto se le efectúan mediciones, se examina con comparadores visuales, se compara con muestras estándar y se verifica el cumplimiento de especificaciones, e individualmente se clasifican como buenos o defectuosos En concordancia con la Norma Oficial Mexicana NOM-Z-12/2-1987 "muestreo para la inspección por atributos" se define como la inspección bajo la cual simplemente se clasifica a la unidad de producto como defectos que contiene con respecto a las especificaciones establecidas.

### 4.-Clasificación según el producto inspeccionado sean utilizables o no.

- a) Inspección destructiva es aquella en la cual para determinar el grado de adecuación, del producto, se constata por medio de un ensayo destructivo, ocasionando la inhabilitación del uso posterior de la muestra ensayada. Con este tipo de inspección es imposible la revisión del producto al 100%.
- b) Inspección no destructiva en ésta la calidad del producto se determina por medio de un ensayo no destructivo, por ende, la muestra ensayada puede utilizarse posteriormente.

Para decidir el tipo de inspección que se aplicará al producto, es necesario planear las actividades de inspección, considerando los siguientes aspectos: La política de calidad de la empresa, el tipo de producto fabricado, los requerimientos del cliente, los costos de la inspección y si se dispone de los recursos materiales (instrumentos de medición, comparadores visuales, escantillones, etc.) y humanos calificados para efectuar la inspección.

La planeación de la inspección consiste básicamente en establecer:

- a) las estaciones o puntos de espera en que debe llevarse a cabo las actividades de inspección; no necesariamente es una zona fija, ni forzosamente debe estar localizada dentro ni cerca del área de producción. En algunos casos el inspector realiza el trabajo en varios lugares, como son: la planta del proveedor, el área de producción, el área de embarque, las instalaciones del cliente.
- b) los recursos documentales, que aplican para verificar la conformidad de las características de calidad del producto; deben cubrir los siguientes puntos: detallar el tipo de ensayos y pruebas que son obligatorias, el número de unidades que deben probarse, el método para seleccionar las muestras para pruebas, el tipo de medición que debe hacerse, los criterios de calidad y aceptación, la disposición de las unidades defectuosas individuales y los lotes rechazados, los datos que deben registrarse, los registros de calidad que conviene editarse.
- c) los medios de inspección, tanto físicos como para los que no hay instrumentos de medición, como las cualidades sensoriales del ser humano, en la que los sentidos se utilizan

como instrumentos para la inspección. Siendo uno de los más importantes la vista. En general cuando las especificaciones escritas no son lo suficientemente comprensibles para describir la forma de cuantificar las características de calidad.

Sustentado en los puntos anteriores, el beneficio en concreto de la Inspección es:

Que determina la capacidad de calidad de los procesos, ya que se ha convertido en la principal fuente de datos para la toma de decisiones.

La calidad se incorpora al producto en el diseño y el proceso, no a través de la inspección la cual es incapaz de producir productos fiables, los productos defectuosos no se convierten inmediatamente en buenos con la inspección y tienen que reprocesarse o desecharse, lo que incrementa los costos.

Los reportes realizados por el departamento de inspección ayudan a otras áreas ó departamentos, de la organización, para:

- Informar las deficiencias detectadas en las etapas iniciales del proceso de fabricación y a su vez emprender acciones correctivas inmediatas, siempre que ello sea necesario.
- En caso contrario se notificara el grado de adecuación o cumplimiento con las especificaciones que avalan que el producto o servicio cumplirá su función para la cual fue diseñado y/o fabricado.
- Los productos que en un proceso presentan problemas de calidad requieren atención e inspección considerable para recopilar los datos con propósito de control

Cuando se alcanza el objetivo de calidad planeado, se puede minimizar el costo de inspección de dicho proceso y quizá eliminarse por completo. En consecuencia un ahorro que puede justificar un proceso más costoso puede ser la reducción del costo en el control de calidad.

La meta primordial de la Inspección es lograr el objetivo de la organización con una eficiencia cada vez mayor. El Inspector tiene que reconocer su responsabilidad para la mejora del trabajo, y debe dar pasos para lograr esta última. Algunas de las formas generales de lograr este objetivo son: Haciendo que las personas tengan conciencia de las mejoras, disponiendo métodos sistemáticos y situándolos en su dimensión práctica en forma inmediata para la apreciación de los resultados.

Para el caso específico, que nos ocupa, las directrices para inspección y pruebas de recipientes a presión, en la etapa de:

- i. **fabricación:** están explicados en los párrafos UG-90, UG-93, UG-94, UG-95, UG-96, UG-97, UG-99, UG-100, UG-102, UG-103 y UG-117; los párrafos antes citados están incluidos en la Subsección A de la División 1, Sección VIII, del Código ASME y serán descritos en forma general, en el capítulo V.
- ii. **servicio:** no es la intención del presente trabajo profundizar en las reglas de inspección de recipientes a presión en condiciones de trabajo, por lo que sólo se tratarán superficialmente. Las normas se encuentran estipuladas en el Código de Inspección del Consejo Nacional (National Board Inspection Code) editado por el Consejo Nacional de Inspectores de Calderas y Recipientes a Presión ( The National

Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors), cuya finalidad es asegurar la integridad y confiabilidad de los recipientes a presión en condiciones de operación, después de su montaje y puesta en servicio; su contenido atiende los aspectos de inspección, reparación, modificación y reasignación.

- iii. **mantenimiento:** Los criterios de inspección para recipientes a presión empleados en la industria del petróleo y de procesos químicos, están cubiertos en el API-510 Código de Inspección del Instituto Americano del Petróleo siendo su contenido inspección en mantenimiento, modificación y procedimientos de reasignación.

## Capítulo V. CRITERIOS Y PARAMETROS DE LA INSPECCIÓN

### 5.1 Responsabilidades Administrativas del Fabricante e Inspector

Un fabricante realiza una labor para los consumidores aunada a su cometido lucrativo, y se convierte en útil para la economía del país, crean empleos, pagan impuestos y de alguna manera a todos beneficia la existencia del fabricante. A su vez, el fabricante obtiene beneficios económicos de sus clientes. Aparentemente, se tienen todos los elementos para integrar una “sociedad de mutuos beneficios”. Sin embargo, en la realidad no ocurre así, ya que es mínima la cantidad de fabricantes que cumplen con las condiciones técnico comerciales indicadas en su cotización. Por ende a los clientes asiste el derecho de exigir al fabricante el cumplimiento de las cláusulas estipuladas en la orden de compra respectiva, relacionada con la administración y fabricación del recipiente.

Cuando se presentan problemas, en la adquisición de materiales, en la fase de fabricación y/o calidad, que afectan la entrega del equipo y el cliente decide ejercer una inspección por medio de terceros, para garantizar la continuidad de su proyecto; es cuando el fabricante tilda a las actividades de inspección de intromisión injustificada dentro de sus procesos de fabricación. En consecuencia, no se puede concluir que impere un ambiente de armonía y de coexistencia e interdependencia equilibrada. Por el contrario, en la práctica, se presentan un gran número de situaciones inconvenientes que generan conflictos e impiden una solución inmediata a los problemas.

Para evitar los escenarios antes descritos el Código ASME señala las responsabilidades que tiene que asumir el inspector y el fabricante de recipientes a presión que son:

El fabricante de recipientes a presión tiene las siguientes responsabilidades:

1. Asegurar que todas las actividades descritas en su manual de control de calidad, ensayos no destructivos y pruebas son ejecutadas.
2. Tener el certificado de autorización, emitido por el Comité de Calderas y Recipientes a Presión de la ASME, autorizando al fabricante para construir recipientes a presión.
3. Elaborar dibujos y memorias de cálculo del recipiente o partes del recipiente.
4. Elaborar procedimientos de soldadura (WPQ), calificación del procedimiento (PQR), previo a su utilización en el proceso de soldadura.
5. Identificar todos los materiales empleados en la fabricación del recipiente o partes del mismo.
6. Revisión e identificación de todos los materiales previo a cualquier proceso productivo, para tener la certeza de que no presentan defectos, reúnen las dimensiones requeridas y para mantener su rastreabilidad.
7. Emitir los registros de calidad durante el proceso de fabricación.
8. Hacer los arreglos, para permitir el libre acceso del inspector, a las instalaciones donde se fabrica o al sitio donde se ejecuta el montaje del recipiente, durante el proceso de fabricación, ensamble y pruebas.
9. Presentar los registros de las pruebas de impacto, cuando ésta es requerida.
10. Confirmar la asistencia del inspector, previo a cualquier reparación.

11. Inspeccionar y confirmar que las secciones que componen el cuerpo y tapas han sido conformadas a la forma especificada y cumplen con las tolerancias permisibles.
12. Tener la calificación de los soldadores (WPQ), previo a toda actividad productiva.
13. El fabricante debe mantener un registro actualizado de los soldadores, donde controle la calificación y los diferentes procesos en que ha estado trabajando.
14. Previo al proceso de soldadura revisar , en el ensamble, la geometría y acabado de los biseles, para asegura que la limpieza y las tolerancias de alineamiento han sido mantenidas.
15. Inspeccionar las superficies del material durante el proceso de fabricación, para identificar los materiales cuyos defectos no se detectaron en la inspección inicial y que no son evidentes a simple vista.
16. Asegurar que el tratamiento térmico requerido es efectuado.
17. Controlar los registros de pruebas y ensayos no destructivo efectuados en el recipiente o partes del recipiente, incluyendo la retención de las películas radiográficas si ésta fueron realizadas.
18. Efectuar las pruebas hidrostática y neumáticas y solicitar la inspección en dichas pruebas.
19. Colocar la placa de identificación con el estampado correspondiente.
20. Preparar el reporte de datos del fabricante y solicitar su certificación al inspector.
21. Conservar los registros de calidad originales, como: el reporte de datos del fabricante, reportes de ultrasonido, retención de películas radiográficas, etc.

El inspector debe efectuar todas las inspecciones requeridas por el Código, más las inspecciones que considere necesarias, con una base técnica, para asegurarse y certificar que los equipos que autorizo para ser estampados con el símbolo del Código han sido diseñados y fabricados de acuerdo con los requerimientos de la división 1 de la sección VIII. Siendo sus responsabilidades:

1. Verificar que el fabricante tiene un Certificado de Autorización vigente y está trabajando con un Sistema de Control de Calidad .
2. Verificar que la memoria de cálculo este disponible y proceder a su revisión.
3. Verificar que los materiales a emplear en la fabricación cumplan con los requerimientos de los párrafos UG-4 hasta el UG-14 de la Div. 1.
4. Verificar que los procedimientos de soldadura están calificados.
5. Verificar que los soldadores y operadores de máquinas automáticas para soldar son calificados.
6. Verificar o en su defecto atestiguar que los tratamientos térmicos han sido efectuados.
7. Atestiguar las reparaciones de los cordones de soldadura y certificar su sanidad.
8. Verificar que los ensayos no destructivos, prueba de impacto y otras pruebas han sido realizadas y que los resultados son aceptables.
9. Hacer una inspección visual, del recipiente, para confirmar que los números de identificación del material han sido adecuadamente transferidos.
10. Hacer una inspección visual, del recipiente, para asegurarse que no hay discrepancias dimensionales o del material.
11. Realizar una inspección interna y externa, del recipiente, y atestiguar las pruebas neumáticas e hidrostática.

12. Verificar que la placa de identificación contenga la información mínima requerida por el Código y sea colocada en el recipiente.
13. Rubricar el Certificado de Inspección en el Reporte de Datos del Fabricante, cuando el recipiente, de acuerdo con su conocimiento y experiencia considera que, cumple con las reglas de fabricación de la División 1.

Además, el Inspector tiene la obligación de reportar a la Dirección de la empresa y/o del proyecto, las situaciones y desviaciones que influyen y afectan el avance de fabricación del o los recipientes a presión y consecuentemente retrasan su entrega,

## **5.2 Revisión de documentos de calidad**

La actividad mas frecuente que el Inspector realiza es organizar la planeación de la inspección que va a llevar a cabo, sobre todo cuando por cualquier motivo, es menester revisar y analizar los registros y documentos que sustentan y avalan el cumplimiento de las buenas practicas de fabricación de recipientes a presión.

Es usual que el inspector de su aquiescencia para que el fabricante aplique determinadas propuestas de solución sobre aspectos criticos, que afecten la buena marcha del proyecto. Como son el uso de materiales de diferente especificación, aplicación de diferentes procesos de soldadura, ejecución de pruebas no destructivas, y de toda situación crítica de cada proyecto en particular. Este tipo de autorizaciones en el desarrollo de las actividades de inspección, requiere previamente una estricta revisión a los documentos de calidad, para asegurar que cumple o excede los requerimientos mínimos especificados.

Eventualmente, el inspector utiliza la correspondencia del proyecto para informar al fabricante sobre alguna situación en particular suscitada por el cambio de material, resultados de la revisión de los certificados de materiales, revisión especial, etc. Cuando sea necesario crear una nota de este tipo debemos observar como única regla el que se anotará únicamente las informaciones que representen afectación al programa de fabricación y a la calidad en la fabricación del recipiente a presión.

La revisión de los documentos de calidad (certificados de calidad de materiales y procedimientos de soldadura y su calificación), debe ser previo al inicio de toda actividad productiva, ya que su importancia radica que en esta fase se pueden detectar no conformidades del material, anticipando y previendo su utilización; que a futuro podría ocasionar el desembolso de recursos económicos ocasionados por retrabajos, posible rechazo de secciones o partes ya procesadas.

Se recomienda que la revisión de los documentos de calidad sea avalada y certificada por el inspector que realice la verificación, por medio de un sello y firma; siempre y cuando se tenga la certeza de que la información contenida en los mismos esta en los rangos establecidos, tal cual se describe en los documentos del Proyecto, Códigos, Normas, etc..

Los documentos de calidad, para recipientes a presión, pueden dividirse en:

Registros elaborados por el fabricante del material; por ejemplo, placa, bridas, tubo, pintura.

Registros generados internamente por el fabricante del recipiente; por ejemplo procedimientos de soldadura, reportes dimensionales, gráfica de prueba hidrostática, reportes de adherencia de pintura.

Registros preparados por terceros que prestan servicios, que por lo general no tiene el fabricante de recipientes a presión, de ensayos no destructivos ó destructivos, como son radiografía, inspección ultrasónica, etc.

Los puntos mínimos a revisar en los documentos de calidad, se exponen a continuación:

➤ En los registros de calidad de los materiales, editados por el fabricante del material, precediendo a la ejecución de cualquier proceso de fabricación, es esencial verificar que los certificados:

- Sean legibles y emitidos por el fabricante original.
- Contengan la descripción del producto y dimensiones, son datos que deben coincidir con los estipulados en la lista de materiales de los dibujos de taller o fabricación.
- Indique la especificación aplicable en la fabricación del material, información que obligatoriamente debe cotejarse con la mencionada en la hoja de datos y en el cuadro de referencia de los dibujos de taller.
- Especifique el número de colada, es la referencia interna con que el fabricante identifica, en particular, un lote de material. Es requisito indispensable para mantener la rastreabilidad del material.
- Incluya el reporte del análisis químico; mencionando el contenido, en porcentaje, de los elementos que constituyen la aleación. Para asegurar que el material cumple con las cantidades máximas y mínimas requeridas, estos datos deberán ser comparados con los valores indicados en las tablas publicadas en la especificación aplicable en la fabricación del material.
- Detente los valores de las propiedades mecánicas, que es el reporte de los resultados de las pruebas destructivas realizadas a probetas maquinadas, elaboradas a partir de las muestras tomadas en el vaciado del material a los moldes y del producto terminado (placa, tubo); para determinar el esfuerzo a la cedencia, esfuerzo máximo a la tensión, elongación y reducción de área. Del material en cuestión. Estos datos deberán ser comparados con los valores indicados en las tablas publicadas en la especificación aplicable en la fabricación del material,
- Mencione el tratamiento térmico a que fue sometido el material; indicando el tipo y medio de tratamiento térmico, temperatura, tiempo sostenido a cierta temperatura, tiempo y medio de enfriamiento, tamaño del grano y dureza obtenida.
- Que puntualice los requerimientos adicionales que cumple el material, son requisitos previamente solicitados por el cliente y / o usuario, para asegurar el comportamiento óptimo del material en determinadas condiciones de operación. Se debe confrontar con las condiciones estipuladas en la hoja de datos y los dibujos de taller, donde habitualmente se asientan como una nota general.
- Ostente la firma del responsable del laboratorio, del fabricante, que edita el documento.

▼ En los reportes de ensayos no destructivos editados, durante las diferentes etapas de fabricación, por el fabricante del recipiente o un prestador de estos servicios, es necesario que se precise:

- El número de identificación del equipo, parte y / o componente al que se aplica el ensayo, para mantener la rastreabilidad del equipo.
- La norma aplicable para efectuar el ensayo, indispensable para sustentar que se está trabajando con base en una técnica .
- La norma que indica los criterios de aceptación y / o rechazo de los resultados del ensayo. Y que unificará el juicio del personal que califica y atestigua dicho evento
- La norma de fabricación que cumple el material ensayado, así como sus dimensiones y descripción de su geometría.
- Los datos del equipo utilizado, para el ensayo, como son marca, fecha de calibración, accesorios empleados. Antecedentes que permitirán ratificar que se está cumpliendo con los criterios y características respecto al equipo propuesto en la norma aplicable para efectuar el ensayo.
- La nomenclatura de las indicaciones asentadas en el reporte, para identificar en forma expedita y concisa el tipo de discontinuidades que presenta el producto.
- La localización de los puntos donde se efectuaron los ensayos, de tal forma que se pueda identificar de manera inmediata la parte donde se presenta la o las discontinuidad(es), si es que las hay, para proceder a su reparación.
- La firma del técnico que efectuó el ensayo y el nivel que ostenta , de acuerdo al documento Práctica Recomendada SNT-TC-1A "Calificación y Certificación de Personal en Ensayos No Destructivos". Datos que permitirán constatar que el ensayo fue practicado por personal calificado.

▼ En los reportes de pruebas y procedimientos de soldadura, generados por el fabricante de recipientes a presión, en las distintas fases de manufactura, es indispensable corroborar, que:

- Se empleen los formatos generados por el fabricante y los propuestos por Códigos y Normas; además se encuentren vigentes y registrados en su sistema de calidad. Y consecuentemente se pueda demostrar, en cualquier momento, que se trabaja en una forma planeada, programada y sistematizada.
- Indique el número de identificación y descripción del recipiente, ya que sirve como un medio para mantener la rastreabilidad del equipo..
- Se mencione el procedimiento interno del fabricante, especificación o código, y dibujos aplicables para la prueba. Dado que estos documentos serán las referencias donde se citen los datos y condiciones para llevar a cabo las pruebas.
- Describa los datos de diseño, prueba y las condiciones de preparación del equipo para ejecutar las pruebas. Que normalmente están mencionadas en hojas de datos, especificación particular del cliente, dibujos de taller

- Se estipule el tiempo de duración de la prueba (cuando aplique), para evitar fatiga en el material del recipiente, se aplique adecuadamente un ensayo no destructivo.
- Indique los números de identificación y rango de los instrumentos, empleados en la prueba. Para en un momento dado reconocer, distinguir y verificar la calibración del instrumento y poder precisar el grado de confiabilidad en la lectura de la prueba.
- Determine los componentes y /o partes en que se aplique la prueba. Para evitar duplicidad en las pruebas y controlar las partes por inspeccionar.
- Exhiba la firma del personal que atestiguo y aprobó la prueba tanto de parte del fabricante como del cliente y cada uno asuma sus responsabilidades. Y se asegure la calidad del producto.

Al concluir la construcción y pruebas del recipiente, es obligación del fabricante, entregar un expediente conteniendo los registros de calidad, con una secuencia de acuerdo a un índice maestro aprobado por el proyecto y/o cliente, certificados y avalados por su personal de control de calidad y el inspector del cliente. Y en esta forma patentiza el cumplimiento de la calidad y las buenas practicas de fabricación del recipiente.

Sin embargo las condiciones ideales para la revisión de los registros de calidad, antes enunciadas, no siempre están presentes. Y en no pocas ocasiones los fabricantes no muestran los documentos de calidad, y hacen caso omiso para corregir esta situación, por problemas diversos, cuyas causas probables podrían ser:

-que carecen de un sistema de control de calidad.

-que desconocen totalmente la normativa de fabricación.

-de índole económico en los proyectos, por presentar una oferta (cotización) por debajo de los costos reales, para la construcción de una planta industrial, y para compensar las pérdidas monetarias, seleccionan a los proveedores de recipientes en cuya cotización ofertan el precio más bajo; sin verificar si tienen la infraestructura y capacidad para cumplir los requerimientos mínimos de fabricación solicitados por el Código.

Ante este hecho la actitud que el inspector debe observar, es conservar la serenidad y actuar inteligentemente.

Un recurso adecuado para subsanar esas situaciones inconvenientes, seria solicitar al fabricante que manifieste por escrito que no tiene la capacidad para cumplir con la normativa aplicable. Obviamente muy pocos o nadie lo haría, y menos cuando ya han recibido un anticipo económico para iniciar el trabajo.

Por lo que las medidas, sugeridas, con base en la experiencia, a seguir, serian las siguientes:

- Si el fabricante aún no ha colocado las ordenes de compra del material y no posee material en su almacén. Lo mas recomendable es reportar y exponer la situación al proyecto, sugiriendo la cancelación inmediata del pedido.
- Constatar si el fabricante tiene en su almacén los materiales básicos, en caso afirmativo, se deberá proceder a redactar una minuta, solicitando y haciendo hincapié en que no puede iniciar la fabricación hasta que presente los documentos de calidad para su

revisión e indicando una fecha razonable, de común acuerdo, en la cual se comprometa a cumplir con este requisito. Esta deficiencia debe ser comunicada al proyecto para que sea evaluada y determine su impacto en la ruta crítica de montaje del recipiente.

- Una vez que en el periodo de tiempo concedido, no haya sido atendida la solicitud de presentación y entrega de los registros. Se exhortara al fabricante a exponer los motivos de su informalidad; y si en sus aclaraciones hay argumentos convincentes para retrasar la exhibición de la información, se deberá reconsiderar ampliar el plazo, igual o menor que el anterior o bien buscar alguna solución al problema en su conjunto. Nuevamente se procederá a expresar por escrito, en una segunda nota, los acuerdos entre el fabricante y el inspector.
- Si al cumplirse la segunda prórroga, el fabricante, sin fundamento, no muestra los documentos de calidad, se procederá a asentar una última nota, exigiendo la atención inmediata del problema y solicitando una sanción, a través del proyecto, en caso de no cumplir con los requerimientos mínimos indicados en el Código. Las sanciones mas apropiadas y efectivas serán las de no autorizar la estimación para pago, el no conceder prórrogas, y la mas drástica puede ser la rescisión del contrato por incumplimiento. Desde luego puede haber muchas otras y la que se estipule dependerá de las circunstancias, del tipo de obra y del criterio del Inspector.

Sobre este tema hemos observado situaciones de todo tipo, pero desgraciadamente abundan aquellas en las que el inspector carece de experiencia y recursos para manejar el problema, y en no pocos casos termina representando un papel realmente deplorable al quedar atrapado en un juego establecido por el fabricante para su propio beneficio.

### **5.3 Inspección de materiales y en el proceso de fabricación**

Una buena Inspección exige que antes de iniciarla se piense detalladamente en las acciones que deben realizarse para llevar a cabo la actividad. Con base en una planificación se seleccionan los medios de ejecución. Desde el inicio se plantea la organización para la inspección de los materiales, los cuales se pueden revisar, ya sea, en la planta del fabricante del recipiente ó en las instalaciones del proveedor del material o componente. Con lo que surge la necesidad de parte del fabricante de asignar espacios y recursos humanos para que se alcance eficazmente el objetivo.

Cuando varias personas colaboran en la actividad de inspección de materiales, el inspector debe asumir la responsabilidad de la misma; ya que de él depende en buena medida la calidad del producto que se enviara a la obra y el tiempo de entrega del mismo. En esta situación, las relaciones con el coordinador asignado por el fabricante para atender los requerimientos de inspección y ser el enlace del inspector con los departamentos de ingeniería y compras y las áreas productiva y de control de calidad tienen un rol preponderante, para lograr que el esfuerzo cooperativo sea eficaz. Al iniciar las labores de inspección se deben precisar con claridad las líneas de autoridad, la orientación del trabajo y los conductos de información. Con especial atención en las tácticas y estrategias del inspector para "dirigir" la inspección de materiales. Para los fines de nuestra exposición, la palabra dirigir la utilizaremos en el sentido de comunicar decisiones, exigencias, orientaciones, instrucciones u otra información.

Aunque el inspector puede complementar la dirección del trabajo valiéndose de diferentes medios. Constantemente se presentan dificultades para lograr que el coordinador cumpla los

compromisos contraídos con él inspector. El origen de estos inconvenientes pueden ser motivados por diferentes circunstancias, como:

- El coordinador carece de la experiencia y conocimientos básicos en la fabricación de recipientes a presión.
- Negligencia del coordinador para realizar sus funciones.
- Las expresiones verbales pueden no haberse escuchado ni entendido claramente
- Las anotaciones manuscritas quizá están mal redactadas y sean inadecuadas para transmitir el mensaje. Por consiguiente tienen un significado diferente.

Se considera esencial para evitar estos obstáculos, disponer de controles que minimicen y prevengan que se presenten este tipo de deficiencias. Y que el inspector ejerza una vigilancia estrecha para que se obtengan resultados satisfactorios.

Para la revisión de Materiales el Inspector necesita un flujo incesante de datos importantes, para que pueda revisarlos, analizarlos y compararlos técnicamente en acuerdo a los documentos estipulados por el cliente y / o el proyecto; gran parte de esta información la obtiene, al momento de efectuar la inspección, mediante sus observaciones personales.

Para asegurar la acción eficaz en la inspección de los materiales, debe prestarse atención a la relación que hay entre el suministro de materiales y el inicio de cada proceso, tarea o actividad que interviene en la fabricación de los recipientes a presión.

Una vez iniciada, la actividad de Inspección, esta debe fluir sin obstáculos, sin fricciones, sin acciones inútiles y la menor cantidad de demoras posibles; para asegurar que la corriente de trabajo tenga su tiempo debidamente fijado, que todas las operaciones encajen debidamente unas con otras y que prevalezca una relación de armonía en todas las etapas de la verificación de los materiales. La coordinación de esfuerzos y labores dependen del grado en el que el trabajo este bien organizado y planificado. El inspector debe planificar su propio sistema de control, evitando el control excesivo, de tal forma que la información mínima requerida sea significativa, precisa, oportuna y este disponible, en el momento que sea solicitada por el proyecto, y proporcione un amplio panorama, de manera inmediata, del suministro de materiales y el avance de fabricación.

Al finalizar la inspección de los materiales el Inspector siempre debe de dejar constancia por escrito de sus conclusiones: sea que se liberen los materiales para iniciar las actividades productivas; se rechacen por no cumplir los requerimientos solicitados en las especificaciones, debido a que presentan alguna discontinuidad o defecto; condicionar su utilización hasta que, el fabricante, de solución o cumplimiento a una no conformidad detectada en la inspección. De ninguna forma es aceptable que sus resoluciones sean expresadas de forma verbal.

Con base en los criterios del Código ASME, Sección VIII, División 1 y aunada la experiencia del inspector, en la inspección física de los materiales, recomienda:

- Excepto que este previsto otras condiciones en los párrafos UG-4(b), UG-10, UG-11 ó UG-15, los requerimientos para la aceptación del material suministrado por el fabricante

o distribuidor, en completo cumplimiento con un especificación de material de la Sección II, debe ser como sigue:

- Para placas, el fabricante del recipiente, debe obtener el certificado de calidad o el certificado de cumplimiento, correspondiente a la especificación del material. El cual debe ser revisado y determinar si representa y reúne los requerimientos de la especificación del material.
- Para productos de otras formas; por medio de una inspección visual, con el auxilio de una lámpara y lupa, cuando se requiera, se debe verificar que cada una de las piezas de tubería, conexiones y accesorios:
  - i. sean nuevos y de fabricación reciente,
  - ii. que no presenten defectos superficiales detectables a simple vista.
  - iii. estén identificados, como lo solicita la especificación correspondiente, y esta puede ser por medio de:
    - quintado (leyendas con letra de golpe)
    - estensilado (rotulado de fabrica)
    - rotulado manualmente.
  - iv. exhiban los datos, que permitan su rastreabilidad, como son: norma de fabricación del material, clase, grado y tipo ( si aplica), número de colada, cédula, etc.
- Si la especificación del material no provee el criterio de identificación para cada una de las piezas; el material debe ser aceptado si reúne los siguientes requerimientos:
  - i. Si en cada uno de los atados. o el embalaje está inscrito, por el fabricante del material, la especificación del material, grado tipo y clase, si aplica.
  - ii. El manejo y almacenamiento del material, por el fabricante del recipiente, debe estar documentado en su sistema de control de calidad, de tal forma que el inspector pueda determinar que es el material requerido. Los datos requeridos para la rastreabilidad son: la especificación del material, grado, clase y tipo, si aplican.
- Para tubería de cédula y calibrada, donde el espacio no es adecuada para colocar la leyenda de identificación, el material debe ser aceptado considerando que cumple con la especificación del material, si reúne lo siguiente:
  - i. Si se inscribe un código de identificación, a cada uno de los tubos de cédula o calibrado, por el fabricante del material y
  - ii. Si el código de identificación permite la rastreabilidad de la especificación del material, grado, clase y tipo, si aplica.
- Excepto que otra situación este prevista en los párrafos UG-4(b), UG-10, UG-11 o UG-15, cuando algunos requerimientos de una especificación de material de la Sección II han sido concluidos por otro fabricante. Es obligación del fabricante del recipiente obtener los reportes de pruebas de los requerimientos adicionales o el certificado de

cumplimiento. El inspector debe revisar estos documentos y determinar si corresponden al material y reúnen los requerimientos de la especificación del material.

- sean los especificados en la orden de compra, dibujos de taller, hoja de datos y dibujos de fabricación.
- que el número de colada, especificación, grado, clase y tipo de material estampado en las placas, conexiones y accesorios, y empaques coincidan con los indicados en los certificados de calidad.
- Efectuar una inspección dimensional de espesores a placas, tubería, accesorios para tubería (codos, tees, etc.), y verificar que cumplen con las tolerancias permitidas en las especificaciones correspondientes
- Verificar que el material de aporte se encuentre en su empaque original y herméticamente sellado.
- Verificar que los certificados de calidad: sean legibles, no presenten alteraciones, y hayan sido emitidos por el fabricante del material.
- Comparar los resultados de la composición química, pruebas físicas y requerimientos adicionales, reportados en el certificado de calidad, contra los parámetros enunciados en la norma aplicable al material. Si los valores reportados están dentro de los valores de referencia de la norma, en el certificado de calidad, se estampara un sello que avale la revisión del documento.

- Después de efectuada la inspección física del material y la revisión de los documentos de calidad, proceder a identificar por algún medio (etiquetas, rotulación a mano, etc.) con:

Color verde, para materiales aprobados, indicando en esta: norma de fabricación, número de colada, orden de trabajo asignada.

Color amarillo, para materiales que presentan alguna No Conformidad y su uso estará supeditado a la acción correctiva que determine el área correspondiente, un reporte de No Conformidad debe ser emitido de acuerdo a los lineamientos indicados en los documentos internos del fabricante con respecto a las no conformidades.

Color rojo, para materiales rechazados, que no cumplen con los requerimientos de calidad solicitados por el cliente y no pueden ser usados en el proceso de fabricación. Un reporte de No Conformidad debe ser editado, de acuerdo a los lineamientos del documento interno del fabricante con respecto a las no conformidades.

- Atestiguara que el encargado del almacén estampe, en placas y tubería, el tipo de material con designación ASME y el número de colada, de tal manera que se pueda identificar el material y localizar la documentación de calidad en forma inmediata. Esta actividad se ejecutara cuando el material este aprobado, con letra de golpe de ½" de altura, con aristas redondeadas, para evitar la concentración de esfuerzos.
- Para mantener la rastreabilidad de los materiales, el traslado de marcas se efectuara Cada ocasión que se seccione la placa y / o tubería.

La inspección durante la fase de fabricación del recipiente, es una de las más importantes, ya que en esta etapa se va a conformar el producto final y pueden aparecer discontinuidades que pudieran afectar la seguridad durante la operación del recipiente. Tales imperfecciones no se pueden detectar con una inspección visual de los materiales y se manifiestan y localizan cuando el material empieza a ser habilitado o cuando se aplica un ensayo no destructivo.

Los lineamientos que determina el Código ASME, Sección VIII, Div. 1, en los párrafos UG-77, UG- 80, UG-91, UG-94, UG-95, UG-96, UG-97, como requerimientos mínimos en la inspección en fabricación, se exponen a continuación:

- Al iniciar el habilitado de materiales, atención especial se debe tener en los cortes en placas, tubos, placas roladas. Se deberán revisar los extremos donde se efectuó el corte y verificar que no presenten laminación y fracturas.
- En el rolado de placa para formar las secciones cilíndricas es necesario que este proceso sea ejecutado posterior al conformado de las tapas y el diámetro interno real, que presentan, se toma como referencia para conformar las placas en secciones cilíndricas.
- En la preparación de los extremos a soldar se deberá revisar: que el corte sea uniforme y liso.  
La geometría de los biseles corresponda con la indicada en dibujos de taller. La superficie este limpia y libre de incrustaciones, polvo, aceite grasa, escoria, óxido y materia extraña nociva. El método y alcance de la limpieza debe ser determinado con base en el material a ser soldado y los contaminantes que deben ser removidos ; cuando el metal de aporte a ser depositado sobre una superficie soldada previamente, toda la escoria debes ser removida por medios adecuados para prevenir la inclusión de impurezas en la soldadura.
- En secciones cilíndricas, verificar: auxiliándose con una plantilla, que los extremos de la placa, a unir por medio de soldadura, para cerrar la sección cilíndrica, después de rolarse no presenten áreas planas.  
La diferencia entre los diámetros internos máximo y mínimo, al medirse en cualquier sección no debe exceder el 1% del diámetro nominal
- En la etapa de ensamble, el alineamiento entre los extremos a ser soldados a tope, de las secciones cilíndricas con las tapas y entre secciones cilíndricas, debe ser tal que el máximo desalineamiento no sea mayor que la cantidad aplicable para la categoría de junta soldada bajo consideración listada en la tabla 3.

Tabla 3

Espesor de la sección en mm.	Categoría de las juntas soldadas	
	A	B, C y D
Hasta 13, incluyendo	$\frac{1}{4} t$	$\frac{1}{4} t$
De 13 a 19, incluyendo	3.2 mm	$\frac{1}{4} t$
De 19 a 38, incluyendo	3.2 mm	4.8 mm
De 38 a 51, incluyendo	3.2 mm	$\frac{1}{8} t$
Arriba de 51	El menor de $\frac{1}{16} t$ ó 10 mm	El menor de $\frac{1}{8} t$ ó 19 mm

El espesor de la sección” t “es el espesor nominal de la sección más delgada en la junta.

- Cualquier desalineamiento dentro de las tolerancias permisibles debe ser terminado en forma cónica en una relación de tres a uno sobre el ancho de la soldadura terminada, o si es necesario, por adición de metal de aporte mas allá de la terminación de la soldadura.
- La aplicación de soldadura, en el taller, en las secciones y componentes del recipiente solo podrá ser realizada si el fabricante tiene especificaciones de procedimientos de soldadura, soldadores y operadores de equipos automáticos de soldar calificados acorde a los requerimientos de la Sección IX y requerimientos adicionales de la Sección VIII Div. 1 del Código ASME.
- El registro de soldadores este disponible para su revisión, por el inspector; para asegurar que solamente soldadores calificados sean empleados en la fabricación del recipiente.
- Las especificaciones de procedimientos de soldadura:  
A ser utilizados, serán los indicados en los dibujos de taller.  
Deberán estar disponibles para los soldadores en sus áreas de trabajo.  
Puede ser solicitada la recalificación, del documento, por el inspector, si tiene un argumento concreto para cuestionar la vigencia del mismo, con base en los requerimientos de Código.
- Se deberá verificar en la soldadura, cuando:
  - Se este aplicando, que la máquina de soldar este calibrada; el material de aporte no presente humedad y los electrodos se encuentre en hornos de secado portátiles; se utilice el proceso de soldadura indicado en la especificación del procedimiento de soldadura.
  - Estén concluidos los cordones de soldadura, adyacente a estos, tienen que presentar, grabado con letra de golpe, el código de identificación del soldador que efectuó el trabajo.
  - El recipiente esté terminado, por medio de una inspección visual, tanto en el interior como el exterior del recipiente, que los cordones no presenten defectos relevantes y que se efectúen los ensayos no destructivos indicados en dibujos.

#### 5.4 Atestiguamiento de Pruebas y Ensayos No Destructivos (END)

Para el desarrollo del presente apartado es conveniente aclarar la acepción que en el ámbito industrial se da entre los términos Prueba y Ensayo No Destructivo.

La expresión Ensayo No Destructivo son los estudios efectuados, específicamente, en el material base o el material de aporte ya aplicado, con base en el conocimiento de determinados fenómenos físicos, cuya aplicación práctica es utilizada para detectar discontinuidades o defectos intrínsecos y externos sin dañar la estructura del material.

El vocablo Prueba determina la ejecución de una operación, en nuestro caso particular a un recipiente en su totalidad, mediante la cual se comprueba y demuestra que otra(s) actividad(es), previamente hechas en el proceso productivo, fueron bien realizadas.

La Sección V del Código ASME dispone que los Ensayos y Pruebas son actividades orientadas para que sean desarrolladas por el personal de control de calidad empleado por el fabricante.

El inspector de acuerdo al plan de calidad u hoja viajera, en los que se describen los procesos operativos y las etapas en que se aplicaran los END y pruebas, debe indicar al fabricante los

END que desea constatar, previo a la ejecución de las pruebas hidrostática, neumática y su atestigüamiento; al recipiente se le deben practicar los END requeridos por diseño y los obligatorios mencionados en el Código. El objetivo de los métodos de ensayos no destructivos es detectar discontinuidades internas y superficiales en materiales, uniones soldadas, componentes y partes fabricadas por medio de soldadura, para mantener una calidad uniforme en el producto.

La normativa que gobierna los requerimientos de los END para recipientes a presión son:

- a) Practica Recomendada No. SNT-TC-1A "Calificación y Certificación de Personal en Ensayos No Destructivos".
- b) Apéndices Mandatarios incluidos en la Sección VIII Div. 1 del Código ASME, que son:
  - Núm. 4 "Criterios de Aceptación de Discontinuidades en Placas Radiográficas".
  - Núm. 6 "Métodos para Ensayo por partículas magnéticas".
  - Núm. 8 "Método para ensayo por líquidos penetrantes".
  - Núm. 12 "Ensayo Ultrasónico de Soldadura" y el párrafo UW-51 "Ensayo Radiográfico y Radioscópico de juntas soldadas".
- c) Sección V "Ensayos No Destructivos", del Código ASME.

El Código ASME establece que los END deben ser aplicados por personal calificado bajo las directrices del documento Practica Recomendada No. SNT-TC-1A "Calificación y Certificación de Personal en Ensayos No Destructivos", editado por la Sociedad Americana para Ensayos no Destructivos (ASNT); la cual es una guía que establece las prácticas para adiestrar, capacitar, calificar y certificar al personal, que realiza END, acorde a su educación y experiencia; cuyo trabajo específico requiere un conocimiento apropiado de las principales técnicas básicas de los ensayos que ejecutan, atestigüan, vigilan y evalúan. Y contiene los lineamientos para la certificación limitada del personal que no ejecuta todas las operaciones de un método de ensayo no destructivo que consiste en más de una operación o para quien ejecuta ensayos no destructivos de alcance limitado, que puede estar sustentado en unas cuantas horas de entrenamiento y experiencia recomendadas por SNT-TC-1A.

El documento SNT-TC-1A considera tres niveles básicos de calificación como a continuación se indica:

- END Nivel I.- El candidato debe ser calificada apropiadamente para realizar calibraciones específicas, END específicos y evaluaciones específicas para determinar la aceptación o rechazo de acuerdo a instrucciones escritas y registrar los resultados. El Nivel I en END debe recibir la capacitación y supervisión necesaria de un Nivel III en END.
- END Nivel II.- El candidato debe ser calificado para manejar y calibrar el equipo, interpretar y evaluar los resultados, con respecto a códigos aplicables, normas y especificaciones. Debe estar completamente familiarizado con el alcance y las limitaciones de los métodos para los cuales está calificado y ejercer la responsabilidad asignada en la guía y adiestramiento en el trabajo del personal con Nivel I en END.
- END Nivel III.- El candidato debe tener la capacidad para aplicar técnicas, elaborar procedimientos; interpretar códigos, normas, especificaciones y procedimientos,

designar los END específicos, técnicas y procedimientos a ser utilizados. Así como interpretar y evaluar los resultados en términos de los códigos, normas y especificaciones aplicables. El Nivel III debe tener la suficiente experiencia y sustento práctico en materiales, fabricación y la tecnología del producto para establecer las técnicas y asistir en los criterios de aceptación cuando estos no se encuentran sustentados. Asimismo debe conocer otros métodos de END. El Nivel III en los END para los cuales está certificado, tiene la capacidad para adiestrar, examinar y certificar al personal con Nivel I y II.

Como se ha observado el documento SNT-TC-1A indica los requerimientos para la calificación del personal que ejecuta END; no obstante en los Apéndices Mandatorios 6 y 8 de la sección VIII Div. 1 del Código ASME, solicita como requerimiento adicional la certificación de la capacidad visual, que es una cualidad sensorial empleada como instrumento de inspección. Por otro parte el Apéndice 12 y el párrafo UW-51 requieren que el adiestramiento, la experiencia, calificación y certificación del personal, que practica ensayos de ultrasonido y radiografía, debe estar descrito en el Sistema de Control de Calidad del Fabricante.

La Sección V "Ensayos No Destructivos" contiene los requerimientos y métodos para END los cuales están referenciados y requeridos en otras Secciones del Código ASME e incluye los siguientes métodos de ensayos no destructivos: inspección radiográfica, inspección ultrasónica, inspección por líquidos penetrantes, inspección por partículas magnéticas, inspección por corrientes de Eddy, inspección visual y prueba de fuga. Consta de dos partes que son Subsección A y Subsección B.

La Subsección A describe los métodos de END a ser utilizados si están referenciados en otras Secciones del Código; los criterios de aceptación para estos métodos están establecidos en la Sección del Código de referencia.

La Subsección B contiene las normas ASTM de los END que han sido aceptados como normas ASME; las cuales únicamente tienen el carácter de informativas; y son solo mandatorias cuando están referenciadas en forma parcial o completa en la Subsección A, o como este indicado en otras Secciones del Código.

Los END incluidos en la Sección V son aplicables a la mayoría de las configuraciones geométricas y materiales empleados en la fabricación de recipientes, bajo condiciones normales. Sin embargo los materiales y configuraciones especiales puede requerir técnicas y métodos modificados; para lo cual el fabricante debe desarrollar procedimientos específicos, que sean equivalentes o superiores a los descritos en la Sección V, los cuales demuestren su efectividad para producir resultados que sean interpretables y capaces de detectar discontinuidades. Estos procedimientos especiales deben ser remitidos al Inspector para su aceptación y deben ser adoptados como parte integral del programa de control de calidad del fabricante.

Cuando el fabricante subcontrate los END, el inspector debe de practicar una evaluación técnica a la compañía que llevara a cabo dichas pruebas, para comprobar que tiene los recursos materiales y humanos capacitados, necesarios para el desempeño de su tarea. Todo END a ejecutarse deberá estar soportado en un procedimiento específico editado por la empresa que

realizara el trabajo, el cual es obligatorio que sea entregado al contratante previo el inicio de los trabajos.

En el atestiguamiento de los END, es siempre recomendable que el Inspector, este certificado y calificado, o como mínimo tenga el conocimiento de la normativa aplicable para uniformizar su criterio con el del técnico que las realizo, y así pueda determinar si estas fueron correctamente ejecutadas y evaluadas.

Posterior a haberse concluido las actividades del proceso de soldadura y realizado y atestiguado los END que el inspector haya determinado. Es imperativo efectuar, en la planta, a todo recipiente a presión, las pruebas establecidas, por Código, que son prueba hidrostática o en su defecto prueba neumática.

La ejecución de estas pruebas tienen varias finalidades como son:

- comprobar el diseño
- comprobar que el recipiente puede funcionar con seguridad con la presión a la cual se destina
- comprobar la integridad estructural de los materiales
- comprobar la calidad de la mano de obra
- localizar zonas donde se puedan necesitar correcciones.

La prueba hidrostática consiste básicamente en aplicar presión, a un recipiente herméticamente cerrado, por medio de un líquido, durante cierto lapso de tiempo. Si durante la prueba, el recipiente se rompe o desgarrar, sea en el material base o en el material de aporte, ocasionara una pérdida de presión, en donde las paredes se comportaran en forma elástica por lo cual después de la rotura y la liberación de presión retoman a su forma original, habiendo poca probabilidad de que las paredes se fragmenten y se desprendan partículas de material.

Previo al atestiguamiento e inicio de la prueba hidrostática. El Código ASME establece los siguientes requerimientos físicos, que deben ser revisados por el Inspector, para llevar a cabo la prueba con seguridad y el mínimo de fallas:

- Los venteos deben estar localizados en el punto más alto del recipiente, en la posición que va a ser probado, para evacuar el aire que quede atrapado, mientras el recipiente se esta llenando.
- Antes de aplicar la presión, revisar que el equipo para incrementar la presión este sellado herméticamente y que las líneas de llenado y otras aberturas que no van a estar sujetas a la prueba de presión se encuentren desconectadas.
- Los manómetros, previo a su conexión al recipiente, deberán estar calibrados; el rango de los mismos debe ser no menor a 1.5 veces ni mayor a 4 veces la presión de prueba; deben ser conectados directamente al recipiente de tal forma que la lectura sea visible para el operador que controla el incremento de la presión durante el lapso de tiempo que dura la prueba.
- Asimismo es conveniente que el fabricante coloque un graficador de presión el cual registrara: la hora de inicio del incremento de la presión, hasta llegar a la presión de

prueba, el tiempo que esta se mantenga estable ( tiempo de duración ) y la hora en que inicie la disminución de la presión.

Como propuesta alterna el Código establece que se puede efectuar una prueba neumática, la cual representa un riesgo mayor, al de la prueba hidrostática, que puede ocasionar un accidente catastrófico si ocurre una situación imprevista. Esta prueba se desarrolla con aire o gas comprimido como medio para aplicar presión, y en caso de una rotura del recipiente, el aire o gas continuara su expansión ocasionando que las paredes, del recipiente, se fragmenten y se separen porciones de metal que son dispersados con gran fuerza y velocidad.

El Código ASME determina que la prueba neumática, únicamente puede ejecutarse:

- Si el recipiente, esta diseñado y / o soportado de tal forma que no pueda, en forma segura, llenarse de agua.
- Si el recipiente, no se pueda secar fácilmente y queden residuos del líquido, con que se efectuó la prueba, que puedan contaminar el producto que va a manejar, el recipiente, ocasionando la inutilización del mismo y por consecuencia tenga que desecharse.
- Por acuerdo entre el comprador y el fabricante. Cuando se presentan situaciones inconvenientes como por ejemplo la escasez de agua en la zona donde esta ubicada la planta.

Asimismo es imprescindible en todo recipiente hacer:

- END ( líquidos penetrantes y / o partículas magnéticas ) en las uniones soldadas alrededor de las boquillas, placas de refuerzo y respaldo, de los accesorios externos no sujetos a presión, con el propósito de detectar fisuras y / o grietas.
- Una prueba neumática en las placas de refuerzo y respaldo.

Durante el lapso de tiempo que dure la prueba hidrostática y / o neumática, el Inspector tiene la obligación de revisar: que la presión de prueba se mantenga estable, si el recipiente presenta deformación y verificar que las uniones soldadas no presenten fugas. Al concluir el atestiguamiento de la prueba el Inspector debe certificar su cumplimiento, en el formato del fabricante y la gráfica de la prueba hidrostática, (si se coloco registrador de presión al recipiente). Con la finalidad de que el constructor pueda continuar con los procesos de limpieza y pintura para concluir la fabricación del recipiente y proceda con el envío del equipo al sitio de la obra para su montaje inmediato.

## Capítulo VI. DESARROLLO DE LA INSPECCION DE UN RECIPIENTE A PRESION

Para ejecutar adecuadamente las actividades de inspección, en un recipiente a presión, es indispensable que el usuario proporcione como mínimo, al inspector, los siguientes documentos, de los que se anexan los formatos en el siguiente orden:

**6.1 La Hoja de datos**, que es el documento que contiene la información y parámetros que serán aplicados para el diseño del recipiente. Por lo general es proporcionado por el cliente y /o usuario.

**6.2 La memoria de cálculo** que garantizara el buen funcionamiento del recipiente con una base técnica.

**6.3 Dibujo de fabricación** que será emitido por el área de Ingeniería de la organización que fabricara el recipiente, en el que se incorpora en forma gráfica los resultados obtenidos en la memoria de calculo.

**6.4 Los formatos generales de los registros de calidad** que serán emitidos por los fabricantes de materiales, el fabricante del recipiente o el prestador de un servicio de Ensayos No Destructivos y muestran los parámetros mínimos, de los resultados que deben reportar, de acuerdo a la norma o documento aplicable. En este punto es importante hacer hincapié que cada empresa en particular los elabora acorde a sus necesidades particulares y requerimientos específicos internos que mejor le funcionen para que la entrega de información a su cliente sea rápida y expedita. Para este caso en particular se incluyen los siguiente formatos:

6.4.1 Especificación del Procedimientos de Soldadura.

6.4.2 Registro de Calificación del Procedimiento de Soldadura.

6.4.3 Registro de Calificación del Soldador u Operario de Máquina de Soldar.

6.4.4 Certificados de Materiales (placa, tubería, bridas).

6.4.5 Reporte de Formado de Tapas.

6.4.6 Reporte de Ensayos No Destructivos (radiografía, pintura).

6.4.7 Reporte de Prueba Hidrostática.

6.4.8 Plan de Inspección

**6.5 Formatos de la Documentación del Código ASME**, que deberán ser editados por el fabricante cuando el recipiente es requerido por el cliente, con estampado ASME. Cabe aclarar que este documento debe ser entregado en el idioma inglés.

En el caso práctico que se expone a continuación se considera un filtro de succión para una bomba de petróleo crudo, que no requiere estampado ASME, cuya fabricación se encuentra concluida, y donde el usuario solicita la inspección previa a su envío a la obra, para tal efecto proporciona la memoria de cálculo y el dibujo de fabricación; que para este trabajo en particular, se desarrollaron únicamente como referencia informativa. En el primer documento enunciado se determina:

-el cálculo de la geometría y dimensiones del metal de aporte (cordones de soldadura).

-el cálculo de los espesores y dimensiones de los materiales que serán utilizados en la fabricación.

-el tipo y grado de los materiales.

En el dibujo se representa por medio de esquemas las conclusiones obtenidas en la memoria de cálculo, que son la base para el habilitado de los materiales.

Ambos documentos del caso práctico se intercalaran con los formatos de los registros de calidad previamente descritos.



HOJA DE DATOS DE RECIPIENTE A  
PRESION

TESIS PROFESIONAL

HOJA 1 DE 2

Equipo \_\_\_\_\_ Localización \_\_\_\_\_

Condiciones de Diseño

Presión de Diseño interna \_\_\_\_\_ mínima \_\_\_\_\_  
externa \_\_\_\_\_ Temperatura de diseño máxima \_\_\_\_\_

Radiografiado cuerpo \_\_\_\_\_ longitudinall \_\_\_\_\_  
tapas \_\_\_\_\_ Eficiencia de soldadura circular \_\_\_\_\_  
tapas \_\_\_\_\_

Velocidad básica del viento \_\_\_\_\_ Coeficiente sísmico \_\_\_\_\_

Momento base del soporte por viento \_\_\_\_\_ Momento base del soporte por sismo \_\_\_\_\_

Esfuerzo cortante por viento \_\_\_\_\_ Esfuerzo cortante por sismo \_\_\_\_\_

Código de diseño: ASME SECC. VIII DIV. 1 Última edición y Adendas

Especificación del Material

Cuerpo \_\_\_\_\_ Aislamiento \_\_\_\_\_

Tapas \_\_\_\_\_ Empaques \_\_\_\_\_

Bridas \_\_\_\_\_ Limpieza \_\_\_\_\_

Cuello de boquillas \_\_\_\_\_ Pintura \_\_\_\_\_

Soportes \_\_\_\_\_ Preparación de superficie \_\_\_\_\_

Espárragos \_\_\_\_\_

Tuercas \_\_\_\_\_

Internos \_\_\_\_\_





ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES "ARAGÓN"

TESIS PROFESIONAL

HOJA 1 DE 28

MEMORIA DE CÁLCULO DE FILTRO DE SUCCIÓN PARA BOMBA DE  
PETRÓLEO CRUDO



MEMORIA DE CÁLCULO DE FILTRO  
DE SUCCIÓN PARA BOMBA DE  
PETRÓLEO CRUDO

TESIS PROFESIONAL

HOJA 2 DE 28

CONTENIDO

- I.- Objetivo
- II.- Datos
- III.- Consideraciones de Diseño
- IV.- Desarrollo
- V.- Conclusiones



## MEMORIA DE CÁLCULO DE FILTRO DE SUCCIÓN PARA BOMBA DE PETRÓLEO CRUDO

TESIS PROFESIONAL

HOJA 3 DE 28

### I.- Objetivo

La presente memoria de cálculo corresponde al filtro de succión, de una bomba para petróleo crudo, el cual es considerado como un recipiente sujeto a presión no expuesto a fuego directo, y cuya finalidad es determinar:

- Los espesores de pared de cuerpo, tapas y cuellos de boquillas.
- La presión de trabajo máxima permisible (MAWP) y presión máxima permisible (MAP)
- Los espesores de las placas de refuerzo en boquillas.
- La geometría de soldaduras en cuerpo y boquillas.
- Los soportes de apoyo y anclaje.

### II.- Datos

Cuerpo: Cilíndrico

Tapas: Semi-elípticas relación 2 : 1

Especificaciones de materiales:

Cuerpo: SA-516-Gr. 70

Tapas: SA-516-Gr. 70

Cuellos de boquillas: SA-106-Gr. B; SA-516-Gr. 70 (boquillas A y B).

Refuerzo de boquillas: SA-516-Gr. 70.

Bridas: SA-105, 150#.

Espárragos: A-193-Gr. B7.

Tuerca: A-194-Gr. 2H.

Soportes: SA-36

Gravedad específica del fluido 1

Tolerancia por corrosión 3.2mm

Presión de diseño: 1187 Kpa @ 93 °C.

Presión de operación: 98 Kpa @ 65 °C.

Eficiencia de soldadura (E): Longitudinal 1; Circunferencial 1; Tapas 1.

Diámetro exterior: 914 mm.

Longitud del cuerpo: 2718 mm.

Momento por viento: 60 Nw\*m

### III.- Consideraciones de diseño

3.0.-Para el diseño aplica la Sección VIII, Div. 1, del Código ASME "Reglas Para la Fabricación de Recipientes a Presión" Edición 2001 y Adendas.

3.1 Para el cálculo de los soportes aplica el Manual de Construcción en Acero AISC, Novena Edición.

3.2 Se considera una corrosión permisible de 3.2 mm.

3.3 Para el cálculo de espesores de cuerpo, tapas y cuellos de las boquillas A y B se considera la curva B en -29 °C, correspondiente a la gráfica de la figura UCS-66 y la tabla UCS-66.

3.4 En el cálculo de los espesores de los cuellos de las boquillas C, D, E y F, se considera la curva A en -8 °C, correspondiente a la gráfica de la figura UCS-66.

3.5 Cargas estáticas: del cuerpo en operación 2616 mm, de prueba en posición horizontal 895 mm, de la tapa superior en operación 697 mm, de la tapa inferior en operación 3541 mm.

3.6 Para los soportes se considera ángulo y placa SA-36



MEMORIA DE CÁLCULO DE FILTRO  
DE SUCCIÓN PARA BOMBA DE  
PETRÓLEO CRUDO

TESIS PROFESIONAL

HOJA 4 DE 28

3.7 Simbología

3.7.1 En el cálculo de espesor y presión, en el cuerpo del recipiente, se consideran las siguientes formulas, del Apéndice 1-1:

$$t = \frac{PR_o}{SE + 0.4P} \quad P = \frac{SEt}{Ro - 0.4t}$$

Donde:

- t = espesor mínimo requerido del cuerpo
- P = presión de diseño interna
- R<sub>o</sub> = radio exterior del cuerpo
- S = esfuerzo máximo permisible
- E = eficiencia de la junta soldada

3.7.2 Para la reducción en la Temperatura Mínima de Diseño del Metal (MDMT) sin prueba de impacto, se considera la siguiente relación, de la figura UCS-66.1:

$$t_r E$$

$$t_n - c$$

Donde:

- t<sub>r</sub> = espesor requerido del componente en consideración, en la condición de corroído.
- t<sub>n</sub> = espesor nominal del componente en consideración
- c = corrosión permisible
- E = eficiencia de la junta soldada

3.7.3 Para el calculo del espesor y presión de las tapas se consideran las siguientes formulas del Apéndice 1-4:

$$t = \frac{P D_o K}{2SE + 2P(K - 0.1)} \quad P = \frac{2SEt}{K D_o - 2t(K - 0.1)} \quad K = \frac{1}{6} \left[ 2 + \left( \frac{D}{2h} \right)^2 \right] \quad h = \frac{D_i}{4}$$

Donde:

- t = espesor mínimo requerido de la tapa después de formada
- P = presión de diseño interna
- D, D<sub>i</sub> = diámetro interno de la tapa
- D<sub>o</sub> = diámetro exterior de la tapa
- E = eficiencia de la unión soldada
- S = esfuerzo de trabajo máximo permisible de acuerdo a la Subsección C de la Sección II del Código ASME.
- K = factor para tapas semielípticas
- h = altura de la sección recta de la tapa.

3.7.4 En el cálculo de espesor de cuellos de boquillas, se consideran las siguientes formulas: del Apéndice 1-1

$$t = \frac{PR_o}{SE + 0.4P} \quad \text{Simbología definida en el punto 3.7.1}$$



del párrafo UG-27(c)(1)

$$P = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$

Donde:

P = presión interna de diseño

t = espesor mínimo requerido

R = radio interior del cuello de la boquilla

S = esfuerzo máximo permisible

E = eficiencia de la junta

**3.7.5 En el cálculo de las placas de refuerzo para boquillas se consideran las siguientes formulas:**

del párrafo UG-37 (c)

$$A = d t_r F + 2 t_n t_r F (1 - f_{r1})$$

de la figura UG-37.1:

$$A_{1(\text{el valor mayor de})} \begin{cases} = d(Et - Ft_r) - 2t_n(Et - Ft_r)(1 - f_{r1}) \\ = 2(t + t_n)(Et - Ft_r) - 2t_n(Et - Ft_r)(1 - f_{r1}) \end{cases}$$

$$A_{2(\text{el valor mayor de})} \begin{cases} = 5(t_n - t_m) f_{r2} t \\ = 2(t_n - t_m) - (2.5t_n + t_r) f_{r2} \end{cases}$$

$$A_{11} = (\text{Leg})^2 f_{r1}$$

$$A_{12} = (\text{Leg})^2 f_{r4}$$

$$A_3 = (D_p - d - 2t_n) t_e f_{r4}$$

Si  $A_1 + A_2 + A_{11} + A_{12} + A_3 + A_4 + A_5 \geq A$  La abertura esta adecuadamente reforzada

Donde:

A = área de refuerzo requerido

$A_1$  = área en el excedente del espesor de la pared del recipiente disponible para refuerzo.

$A_2$  = área en el excedente del espesor en la pared de la boquilla disponible para refuerzo.

$A_{11,12}$  = área seccional transversal de soldadura disponible para refuerzo.

$A_3$  = área seccional transversal de material adicionado como refuerzo

d = diámetro final de la abertura circular

t = espesor de la pared del recipiente en condición de corrosión.

$t_n$  = espesor requerido

$t_m$  = espesor de boquilla, en la condición de corroído

F = factor de corrección, el cual compensa la variación por los esfuerzos de presión interna y es igual a 1.

E = 1 cuando la abertura esta en placa sólida o en una junta a tope de categoría B.

$f_r$  = factor de reducción de resistencia no mayor de 1

$S_n$  = esfuerzo permisible en la boquilla

$S_r$  = esfuerzo permisible en el recipiente

$S_p$  = esfuerzo permisible en la placa de refuerzo.

Leg = longitud de pierna de la soldadura de filete



### 3.7.6 simbología de las formulas de soldadura de UW-16

$t_{c (min)}$  = tamaño de garganta requerido

$t_{w (min)}$  = tamaño de garganta requerido

$t_{c (actual)}$  = tamaño de garganta real

$t_{w (actual)}$  = tamaño de garganta real

de UW-16 (d)

$T_{1 (min)}$  = tamaño de garganta real

$T_{2 (actual)}$  = tamaño de garganta real

### 3.7.7 En el cálculo de carga de soldadura en ejes se consideran las siguientes formulas.

De la figura UG-41.1

$$W = [A - A_1 + 2 t_n f_{r1} (E_1 t - F t_1)] S_v$$

$$W_{1-1} = (A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42}) S_v$$

$$W_{2-2} = (A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1}) S_v$$

$$W_{3-3} = (A_2 + A_3 + A_5 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + 2 t_n t f_{r1}) S_v$$

Donde:

W = Carga total soportada por la soldadura

$W_{1-1}$  = Resistencia de la soldadura en el eje 1-1

$W_{2-2}$  = Resistencia de la soldadura en el eje 2-2

$W_{3-3}$  = Resistencia de la soldadura en el eje 3-3

El resto de la simbología esta definido en el punto 3.7.5



#### IV.- Desarrollo

#### 4.0 Cálculo de Espesores, Presión Máxima Permisible (MAP) Y Presión de Trabajo Máxima Permisible (MAWP).

##### 4.1 Espesor del cuerpo

De la gráfica de la fig. UCS-66 se asume que el material no requiere prueba de impacto.

De la tabla UCS-66 se asume que el espesor que gobierna el diseño es de 9.5 mm.

##### 4.1.1 El espesor de diseño del cilindro @ 93 °C de acuerdo al apéndice 1-1.

$$t = \frac{PR}{SE + 0.4P} = \frac{[1187KPa + (1)(1000Kg/m^3)(2.616m)(9.81E - 03KPa/Kg/m^2)](457mm)}{(120.645KPa)(1) + 0.4[1187KPa + (1)(1000Kg/m^3)(2.616m)(9.81E - 03KPa/Kg/m^2)]} = 4.57mm$$

Adicionando la tolerancia por corrosión:

$$t = 4.57mm + 3.2 mm = 7.77 mm.$$

4.1.2 El espesor de diseño es menor que el espesor asumido. Por lo tanto el espesor estimado del cuerpo, de 9.5 mm se considera adecuado.

##### 4.1.3 Cálculo de la Presión Máxima Permisible (MAP) @ 21.1 °C, de acuerdo al apéndice 1-1.

$$MAP = P = \frac{SEt}{Ro - 0.4t} = \frac{(120.645KPa)(1)(9.5mm)}{457mm - 0.4(9.5mm)} = 2529.23KPa$$

##### 4.1.4 Cálculo de la Presión de Trabajo Máxima Permisible (MAWP) @ 93 °C.

De acuerdo al apéndice 1-1

$$P = \frac{SEt}{Ro - 0.4t} = \frac{(120.645KPa)(1)(9.5mm - 3.2mm)}{457mm - 0.4(9.5mm - 3.2mm)} = 1672.38KPa$$

$$MAWP = 1672.38KPa - [(1)(1000Kg/m^3)(3.302m)(9.81E - 03KPa/Kg/m^2)] = 1640KPa$$

##### 4.1.5 Reducción en la temperatura mínima de diseño del material (MDMT)

$$\text{de la figura UCS-66.1} \quad \frac{trE}{tn - c} = \frac{(4.57mm)(1)}{9.5mm - 3.2mm} = 0.725$$

De la gráfica de la fig. UCS-66.1 la reducción de la MDMT es = 15.33 °C

Por lo tanto la MDMT = -23.3 °C

La proporción MDMT = -44.33 °C

##### 4.2 Espesor de la tapa superior

Idéntico al punto 4.1

##### 4.2.1 Espesor de diseño @ 93 °C, de acuerdo al apéndice 1-4

$$t = \frac{PD_oK}{2SE + 2P(K - 0.1)} \quad \text{donde} \quad K > 0.5 \quad K = \frac{1}{6} \left[ 2 + \left( \frac{D}{2h} \right)^2 \right] \quad h = \frac{D_i}{4}$$

$$K (\text{nuevo}) = \frac{1}{6} \left[ 2 + \left( \frac{914 mm - 2(9.5mm)}{2(223.75 mm)} \right)^2 \right] = 1$$



MEMORIA DE CÁLCULO DE FILTRO  
DE SUCCIÓN PARA BOMBA DE  
PETRÓLEO CRUDO

TESIS PROFESIONAL

HOJA 8 DE 28

$$K(\text{corroído}) = \frac{1}{6} \left[ 2 + \left( \frac{914\text{mm} - 2(9.5\text{mm}) + 2(3.2\text{mm})}{2(226.95\text{mm})} \right)^2 \right] = 0.9906$$

$$t = \frac{[1187\text{KPa} + (1)(1000\text{Kg}/\text{m}^3)(0.895\text{m})(9.81\text{E} - 03\text{KPa}/\text{Kg}/\text{m}^2)] [914\text{mm}] [0.9906]}{2(120645\text{KPa})(1) + (2)[(1)(1000\text{Kg}/\text{m}^3)(0.895\text{m})(9.81\text{E} - 3\text{KPa}/\text{Kg}/\text{m}^2) + 1187\text{KPa}] [0.9906 - 0.1]}$$

$$t = 4.46\text{mm}$$

Adicionando la tolerancia por corrosión

$$t = 4.46\text{mm} + 3.2\text{mm} = 7.64\text{mm}$$

4.2.2 El espesor de diseño es menor que el espesor asumido. Por lo tanto el espesor estimado de la tapa de 9.5 mm se considera adecuado.

4.2.3 Cálculo de la máxima presión permisible (MAP) @ 21.1 °C, del apéndice 1-4(c)

$$MAP = P = \frac{2SEt}{KDo - 2t(K - 0.1)} = \frac{2(120645\text{KPa})(1)(9.5\text{mm})}{(1)(914\text{mm}) - 2(9.5\text{mm})(1 - 0.1)} = 2556\text{KPa}$$

4.2.4 Cálculo de la Presión de Trabajo Máxima Permissible (MAWP) @ 93 °C, del apéndice 1-4(c)

$$P = \frac{2SEt}{KDo - 2t(K - 0.1)} = \frac{2(120645\text{KPa})(1)(6.3\text{mm})}{(0.976)(914\text{mm}) - 2(6.3\text{mm})(0.976 - 0.1)} = 1725.6\text{KPa}$$

$$MAWP = 1725.6\text{KPa} - [(1)(1000\text{Kg}/\text{m}^3)(0.895\text{m})(9.81\text{E} - 03\text{KPa}/\text{Kg}/\text{m}^2)] = 1716.8\text{KPa}$$

4.2.5 Reducción en la temperatura mínima de diseño del material (MDMT).

$$\text{de la figura UCS-66.1} \quad \frac{tE}{t_n - c} = \frac{(4.38\text{mm})(1)}{9.5\text{mm} - 3.2\text{mm}} = 0.695$$

De la gráfica de la fig. UCS-66.1 la reducción de la MDMT es = 16.66 °C

Por lo tanto la MDMT = -23.3 °C

La proporción MDMT = -45.66 °C

4.3 Espesor de la tapa inferior (fondo)

Idéntico al punto 4.1

4.3.1 Espesor de diseño @ 93 °C, de acuerdo al apéndice 1-4

$$t = \frac{PD_oK}{2SE + 2P(K - 0.1)} \quad K = \frac{1}{6} \left[ 2 + \left( \frac{D}{2h} \right)^2 \right] \quad h = \frac{D_i}{4} \quad K > 5$$

$$K(\text{asumiendo}) = \frac{1}{6} \left[ 2 + \left( \frac{895\text{mm}}{2(223.74)} \right)^2 \right] = 1$$

$$K(\text{corroído}) = \frac{1}{6} \left[ 2 + \left( \frac{901.4}{2(226.95)} \right)^2 \right] = 0.9906$$

$$t = \frac{[1187\text{KPa} + (1)(1000\text{Kg}/\text{m}^3)(3.54\text{m})(9.81\text{E} - 03\text{KPa}/\text{Kg}/\text{m}^2)] [914\text{mm}] [0.9906]}{2(120645\text{KPa})(1) + (2)[(1)(1000\text{Kg}/\text{m}^3)(3.54\text{m})(9.81\text{E} - 3\text{KPa}/\text{Kg}/\text{m}^2) + 1187\text{KPa}] [0.9906 - 0.1]}$$



$$t = 4.54mm$$

Adicionando la tolerancia por corrosión

$$t = 4.54mm + 3.2mm = 7.74mm$$

4.3.2 El espesor de diseño es menor que el espesor asumido. Por lo tanto el espesor estimado de la tapa de 9.5 mm se considera adecuado.

4.3.3 Cálculo de la máxima presión permisible (MAP) @ 21.1 °C, del apéndice 1-4(c)

$$MAP = P = \frac{2SEt}{KDo - 2t(K - 0.1)} = \frac{2(120645KPa)(1)(9.5mm)}{(1)(914mm) - 2(9.5mm)(1 - 0.1)} = 2555.7KPa$$

4.3.4 Cálculo de la Presión de Trabajo Máxima Permisible (MAWP) @ 93 °C, del apéndice 1-4(c)

$$P = \frac{2SEt}{KDo - 2t(K - 0.1)} = \frac{2(120645KPa)(1)(6.3mm)}{(0.9906)(914mm) - 2(6.3mm)(0.9906 - 0.1)} = 1700KPa$$

$$MAWP = 1700KPa - [(1)(1000Kg/m^3)(3.580m)(9.81E - 03KPa/Kg/m^2)] = 1664.8KPa$$

4.3.5 Reducción en la temperatura mínima de diseño del material (MDMT)

de la figura UCS-66.1  $\frac{t_r E}{t_n - c} = \frac{(4.54mm)(1)}{9.5mm - 3.2mm} = 0.7206$

De la gráfica de la figura. UCS-66.1 la reducción de la MDMT es = -15.3 °C

Por lo tanto la MDMT = -23.3 °C

La proporción MDMT = -45.66 °C

#### 4.4 Cálculo del espesor bajo presión interna con cargas adicionales

Carga por nieve no aplica

Carga por sismo no aplica

Reacciones por viento = 59.8 Nw\*m

Carga por peso aplica

4.4.1 Cálculo de los esfuerzos máximos permisibles a tensión (St) y compresión (Sc) por UG-23(a)(b)(1)(2)(c) y la tabla CS-2.

$$A = \frac{0.125}{(R_o/t)}$$

4.4.1.1 Para el recipiente caliente y corroido (hc)

$$A = \frac{0.125(9.5mm - 3.2mm)}{457mm} = 0.001723$$

$$B = S_{hc} = 99304.38KPa$$

$$S_{hc} = 120645KPa$$

4.4.1.2 Para el recipiente frío y corroido (cc)

$$A = \frac{0.125(9.5mm - 3.2mm)}{457mm} = 0.001723$$

$$B = S_{cc} = 99304.38KPa$$

$$S_{cc} = 120645KPa$$



MEMORIA DE CÁLCULO DE FILTRO  
DE SUCCIÓN PARA BOMBA DE  
PETRÓLEO CRUDO

TESIS PROFESIONAL

HOJA 10 DE 28

4.4.1.3 Para el recipiente vacío y corroído (vc)

$$A = \frac{0.125(9.5mm - 3.2mm)}{457mm} = 0.001723$$

$$B = S_{cv} = 99304.38KPa$$

$$S_{sv} = 120645KPa$$

4.4.1.4 Para el recipiente caliente y nuevo (hn)

$$A = \frac{0.125(9.5mm)}{457mm} = 0.00259$$

$$B = S_{ch} = 109159.6KPa$$

$$S_{sh} = 120645KPa$$

4.4.1.5 Para el recipiente frío y nuevo (cn)

$$A = \frac{0.125(9.5mm)}{457mm} = 0.00259$$

$$B = S_{cn} = 109159.6KPa$$

$$S_{sn} = 120645KPa$$

4.4.2 Cálculo del espesor por UG-27 apéndice L-2.1.2(1)(b)

$$t = \frac{PR}{2SE + 0.4P} \pm \frac{M}{\pi SER^2} - \frac{W + Wc}{\pi DSE}$$

4.4.2.1 Del recipiente en condiciones de operación caliente y corroído.

$$t = \frac{(1187KPa)(457mm - 9.5mm + 3.2mm)}{2(120645KPa)(1) + 0.4(1187KPa)} \pm \frac{59.8Nwm * 1000mm / m}{\pi(0.457m - 0.0032m)^2(120645000Nw / m^2)(1)}$$

$$- \frac{1193Kg}{\pi(914mm - 6.4mm)(12.30.4kg / mm^2)} = 2.2128mm \pm 0.000766mm - 0.00034mm$$

$$t_{m-} = 2.212mm$$

$$t_{m+} = 2.214mm$$

4.4.2.2 Del recipiente en condiciones de operación, caliente y nuevo.

$$t = \frac{(1187KPa)(457mm - 9.5mm)}{2(120645KPa)(1) + 0.4(1187KPa)} \pm \frac{59.8Nwm * 1000mm / m}{\pi(0.457m - 0.0095m)^2(120645000Nw / m^2)(1)}$$

$$- \frac{1412Kg}{\pi(895mm)(12.3kg / mm^2)} = 2.197mm \pm 0.0007878mm - 0.0408mm$$

$$t_{m-} = 2.149mm$$

$$t_{m+} = 2.148mm$$



**4.4.2.3 Del recipiente sin operar, caliente y nuevo.**

$$t = 0 \pm \frac{59.8Nwm * 1000mm / m}{\pi(0.457m - 0.0095m)(109159000Nw / m^2)(1)} - \frac{1412Kg}{\pi(447.5mm)(11.13kg / mm^2)}$$

$$t_{m-} = 0.0902mm$$

$$t_{m-} = 0.0902mm$$

**4.4.2.4 Del recipiente vacío y nuevo.**

$$t = 0 \pm \frac{59.8Nwm * 1000mm / m}{\pi(0.4475m)(109159000Nw / m^2)(1)} - \frac{1412Kg}{\pi(895mm)(11.13kg / mm^2)}$$

$$t_{m-} = 0.044mm$$

$$t_{m-} = 0.045mm$$

**4.4.2.5 Del recipiente sin operar, caliente y corroído.**

$$t = 0 \pm \frac{59.8Nwm * 1000mm / m}{\pi(0.457m - 0.0095m)^2(99304000Nw / m^2)(1)} - \frac{1193Kg}{\pi(914mm - 6.3mm)(10.12kg / mm^2)}$$

$$= 0 \pm 0.000766mm - 0.034mm$$

$$t_{m-} = 0.041mm$$

$$t_{m-} = 0.041mm$$

**4.4.2.6 Del recipiente vacío y corroído.**

$$t = 0 \pm \frac{59.8Nwm * 1000mm / m}{\pi(0.457m - 0.0095m)^2(99304000Nw / m^2)(1)} - \frac{1193Kg}{\pi(901.4mm)(10.13kg / mm^2)}$$

$$t_{m-} = 0.041mm$$

$$t_{m-} = 0.041mm$$

**4.4.2.7 Del recipiente en paro, corroído, momentos excéntricos y peso.**

$$t = 0 \pm \frac{59.8Nwm * 1000mm / m}{\pi(0.4507m)^2(99304000Nw / m^2)(1)} - \frac{1193Kg}{\pi(901.4mm)(10.13kg / mm^2)}$$

$$t_{m-} = 0.0406mm$$

$$t_{m-} = 0.0425mm$$

**4.5 Espesor del cuello de las boquillas A y B (Entrada y Salida del producto).**

Idéntico al punto 4.1

Datos de las bridas 610mm de diámetro, rango 150 libras, cedula 20, tipo CSCR, material SA-105.

Cálculo para una presión interna de 1685 Kpa @ 93°C

**4.5.1 Espesor de diseño requerido por UG-27 (c) (1)**

$$t_{m-} = \frac{PR_n}{S_n E - 0.6P} = \frac{1685KPa(305mm - 9.5mm + 3.2mm)}{(120645KPa)(1) - 0.6(1685KPa)} = 4.207mm$$



MEMORIA DE CÁLCULO DE FILTRO  
DE SUCCIÓN PARA BOMBA DE  
PETRÓLEO CRUDO

TESIS PROFESIONAL

HOJA 12 DE 28

4.5.2 Espesor requerido por UG-37 (a) y el apéndice 1-1

$$t_r = \frac{P R o}{S E + 0.4 P} = \frac{(1685 \text{ KPa})(457 \text{ mm})}{(120645 \text{ KPa})(1) + 0.4(1685 \text{ KPa})} = 6.347 \text{ mm}$$

4.5.3 Verificación del espesor del cuello de boquilla por UG-45

Espesor de pared por UG-45(a)  $t_{r1} = 4.2 \text{ mm} + 3.2 \text{ mm} = 7.407 \text{ mm}$

Espesor de pared por UG-45(b)(1)  $t_{r2} = 6.34 \text{ mm} + 3.2 \text{ mm} = 9.547 \text{ mm}$

Espesor de pared por UG-16(b)  $t_{r3} = 1.6 \text{ mm} + 3.2 \text{ mm} = 4.80 \text{ mm}$

Espesor de pared por UG-45(b)(4)  $t_{r4} = 8.33 \text{ mm} + 3.2 \text{ mm} = 11.53 \text{ mm}$

El mayor de los espesores  $t_{r2}$  ó  $t_{r5}$   $t_{r5} = 9.547 \text{ mm}$

El menor de los espesores  $t_{r4}$  ó  $t_{r5}$   $t_{r6} = 9.547 \text{ mm}$

El espesor requerido por UG-45 es el mayor de  $t_{r1}$  ó  $t_{r6} = 9.547 \text{ mm}$

La diferencia con respecto al espesor estimado es despreciable, por lo tanto se considera adecuado el espesor de 9.5mm.

4.5.4 Reducción en la temperatura mínima de diseño del material (MDMT)

de la figura UCS-66.1  $\frac{t_r E}{t_n - c} = \frac{(420 \text{ mm})(1)}{9.5 \text{ mm} - 3.2 \text{ mm}} = 0.666$

De la gráfica de la figura UCS-66.1 la reducción de la MDMT es = 18.77 °C

Por lo tanto la MDMT = 23.3 °C

La proporción MDMT = -47.77 °C

4.5.5 Cálculo de la placa de refuerzo

Límites del refuerzo por UG-40

Paralelo a la pared del recipiente  $d = 597.6 \text{ mm}$

Normal a la pared exterior del recipiente (el menor de)  $\begin{cases} 2.5(t - c) = 23.75 \text{ mm} \\ 2.5(t_w + t_r) = 31.75 \text{ mm} \end{cases}$

De acuerdo a UG-37

Esfuerzos permisibles:

$S_n = 120645 \text{ Kpa}$  .  $S_v = 120645 \text{ Kpa}$  .  $S_p = 120645 \text{ Kpa}$  .

Factor de reducción de resistencia:

$f_{r1}$  el menor de  $f_{r1} = 1$  ó  $f_{r1} = \frac{S_n}{S_v}$

$f_{r2}$  el menor de  $f_{r2} = 1$  ó  $f_{r2} = \frac{S_n}{S_p}$

$f_{r3} = \frac{(\text{el menor de } S_n \text{ ó } S_p)}{S_v}$

$f_{r4}$  el menor de  $f_{r4} = 1$   $f_{r4} = \frac{S_p}{S_v}$

$A = (59.7 \text{ cm})(0.6347 \text{ cm})(1) + 2(0.635 \text{ cm})(0.6347 \text{ cm})(1)(0) = 37.88 \text{ cm}^2$



MEMORIA DE CÁLCULO DE FILTRO  
DE SUCCIÓN PARA BOMBA DE  
PETRÓLEO CRUDO

TESIS PROFESIONAL

HOJA 13 DE 28

$$A_{1 \text{ (el mayor de)}} \begin{cases} = (59.7\text{cm})[(1)(0.635\text{cm}) - (1)(0.6347\text{cm})] = 0.017\text{cm}^2 \\ = 2(0.63\text{cm}) + (0.63\text{cm})[(1)(0.635\text{cm}) - (1)(0.6347\text{cm})] = 0.00075\text{cm}^2 \end{cases}$$

$$A_{2 \text{ (el menor de)}} \begin{cases} = 5[(0.95\text{cm} - 0.32\text{cm}) - 0.042\text{cm}][(1)(0.95\text{cm} - 0.032\text{cm})] = 0.6615\text{cm}^2 \\ = 2(0.63\text{cm}) - 0.4207\text{cm}[(2.5)(0.635\text{cm}) + 0.95\text{cm}] = 1.056\text{cm}^2 \end{cases}$$

$$A_{41} = (0.64)^2(1) = 0.409\text{cm}^2$$

$$A_{42} = (0.95)^2 = 0.902\text{cm}^2$$

$$A_5 = [(106.7\text{cm} - 59.7\text{cm} - (2)(0.63\text{cm}))[(0.95\text{cm})(1)]] = 43.543\text{cm}^2$$

$$0.017\text{cm}^2 + 0.06615\text{cm}^2 + 0.409\text{cm}^2 + 43.543\text{cm}^2 = 45.442\text{cm}^2$$

$$45.442\text{cm}^2 \geq 37.88\text{cm}^2$$

Por lo tanto el refuerzo es adecuado

Verificación del refuerzo por Apéndice 1-7

$$A = \frac{2}{3}(37.88\text{cm}^2) = 25.25\text{cm}^2$$

Por 1-7(a)(1) el área que esta en el 75% del limite es:

$$A_{\text{(aplicar el mayor de)}} \begin{cases} = 0.017\text{cm}^2 \\ = (2l_{\text{mites}} - d)(E_{1t} - F_{1r}) - 2t_r(E_{1t} - F_{1r})(1 - f_{r1}) \\ = (2 * 44.8\text{cm} - 59.1\text{cm})(1 * 0.63\text{cm} - 1 * 0.63\text{cm}) - 2 * 0.63\text{cm}[(1)(0.63\text{cm}) - (1)(0.63\text{cm})] \\ K(1 - 1) = 0.14\text{cm}^2 \end{cases}$$

$$A_5 = (D_p - d - 2t_n)t_{efr4} = (89.5\text{cm} - 59.7\text{cm} - 2 * 0.63\text{cm})(0.95\text{cm} * 1) = 27.11\text{cm}^2$$

$$A_{\text{req}} = A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + A_5 = 0.14\text{cm}^2 + 0.665\text{cm}^2 + 0.409\text{cm}^2 + 27.11\text{cm}^2 = 28.18\text{cm}^2$$

Los requerimientos del apéndice 1-7 se cumplen

4.5.6 Cálculo de soldadura por UW-16

- Soldadura de filete interior

$$l_{\text{mínimo (menor de)}} = \begin{cases} 19\text{mm} \\ t_n = 6.3\text{mm} \\ t_r = 9.5\text{mm} \end{cases} \quad l_{\text{mínimo (menor de)}} \begin{cases} 6\text{mm} \\ 0.7t_{\text{mín}} = 4.41\text{mm} \end{cases}$$

$$l_{\text{actual}} = 0.7l_{eg} = 0.7 * 9.5\text{mm} = 6.65\text{mm}$$



MEMORIA DE CÁLCULO DE FILTRO  
DE SUCCIÓN PARA BOMBA DE  
PETRÓLEO CRUDO

TESIS PROFESIONAL

HOJA 14 DE 28

- Soldadura de filete exterior

$$t_{\min}(\text{el menor de}) \begin{cases} 19\text{mm} \\ t_e = 6.3\text{mm} \\ t = 6.3\text{mm} \end{cases} \quad t_{\min}(\text{el menor de}) \begin{cases} 19\text{mm} \\ 0.5t_{\min} = 3.15\text{mm} \end{cases}$$

$$t_{w(\text{actual})} = 0.7leg = 0.7 * 9.5\text{mm} = 6.65\text{mm}$$

4.5.6.1 Esfuerzos permisibles en las uniones soldadas por UW-15(c) y UG-45(c)

Esfuerzo en tensión de soldadura de ranura =  $0.74 * 120645 \text{ KPa} = 89277.3 \text{ Kpa}$

Esfuerzo cortante de la pared de la boquilla =  $0.70 * 120645 \text{ KPa} = 84451 \text{ Kpa}$

Esfuerzo cortante de soldadura de filete interior =  $0.49 * 120645 \text{ Kpa} = 59116.05 \text{ Kpa}$

Esfuerzo cortante de soldadura de filete exterior =  $0.49 * 120645 \text{ Kpa} = 59116.05 \text{ Kpa}$

Esfuerzo en tensión de soldadura de ranura superior =  $0.74 * 120645 \text{ KPa} = 89277.3 \text{ Kpa}$

4.5.6.2 Resistencia de elementos en unión, apéndice L7.6.8(a)(b)

$$\text{Resistencia de la soldadura} \quad R_w = \frac{\pi}{2} D_{ref} S leg$$

$$\text{Resistencia en pared} \quad R_p = \frac{\pi}{2} D_{mb} t_n S$$

4.5.6.2.1 Resistencia al esfuerzo cortante de la soldadura de filete, interior.

$$R_i = \frac{\pi}{2} (0.610\text{m})(59116\text{KPa})(0.0095\text{m}) = 538119.5\text{Nw}$$

4.5.6.2.2 Resistencia al esfuerzo cortante de la soldadura de filete, exterior.

$$R_e = \frac{\pi}{2} (1.0668\text{m})(59116\text{KPa})(0.0095\text{m}) = 941091.6\text{Nw}$$

4.5.6.2.3 Resistencia al esfuerzo cortante en la pared de la boquilla.

$$R_b = \frac{\pi}{2} (0.603\text{m})(0.0063\text{m})(84451\text{KPa}) = 503944.3\text{Nw}$$

4.5.6.2.4 Resistencia de la soldadura de ranura en tensión.

$$R_r = \frac{\pi}{2} (0.610\text{m})(0.0064\text{m})(89277.3\text{KPa}) = 547481\text{Nw}$$

4.5.6.2.5 Resistencia de la soldadura de ranura superior en tensión.

$$R_s = \frac{\pi}{2} (0.610\text{m})(0.0095\text{m})(89277.3\text{KPa}) = 812667\text{Nw}$$



MEMORIA DE CÁLCULO DE FILTRO  
DE SUCCIÓN PARA BOMBA DE  
PETRÓLEO CRUDO

TESIS PROFESIONAL

HOJA 15 DE 28

4.5.6.3 Cargas soportadas por los cordones de soldadura de la placa de refuerzo, por UG-41(b)(1)  
De la figura UG-41.1

$$W' = [A_1 - A_1 + 2 t_w f_{t1} (E_1 t - F t_r)] S_v$$

$$W' = [0.003788m^2 - 0.0000017m^2 + 2(0.0063m)(1)[(1)(0.0063m) - (1)(0.006347m)]](120645KPa)$$

$$W' = 456726.7 Nw$$

$$W'_{1-1} = [A_2 + A_4 + A_4 + A_5] S_v$$

$$W'_{1-1} = [66.15 * 10^{-6} m^2 + 4.3453 * 10^{-5} m^2 + 40.9 * 10^{-6} m^2 + 90.2 * 10^{-6} m^2](120645KPa)$$

$$W'_{1-1} = 548036 Nw$$

$$W'_{2-2} = [A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + 2 t_w f_{t1}] S_v$$

$$W'_{2-2} = [66.15 * 10^{-6} m^2 + 40.9 * 10^{-6} m^2 + 2(0.0063m)(0.0063m)(1)](120645KPa)$$

$$W'_{2-2} = 22492 Nw$$

$$W'_{3-3} = [A_2 + A_3 + A_5 + A_4 + A_4 + A_5 + 2 t_w f_{t1}] S_v$$

$$W'_{3-3} = [66.15 * 10^{-6} m^2 + 4.345 * 10^{-5} m^2 + 40.9 * 10^{-6} m^2 + 90.2 * 10^{-6} m^2 + 2(0.0063m)(0.0063m)(1)] * (120645KPa)$$

$$W'_{3-3} = 557613 Nw$$

Verificación de resistencia en los ejes:

$$1-1 \quad R_2 + R_3 = 941091.6Nw + 503944.3Nw = 1.445 * 10^6 Nw$$

$$2-2 \quad R_1 + R_4 + R_5 = 538119Nw + 547481.3Nw + 812667Nw = 1.898 * 10^6 Nw$$

$$3-3 \quad R_2 + R_3 = 941091.6Nw + 547481Nw = 1.489 * 10^6 Nw$$

Todo los ejes tienen mayor resistencia que la requerida por UG-41(b)(2) de  $W' = 456726.7Nw$

4.6 Espesor del cuello de las boquillas E (Conexión para manómetros).

Datos de las bridas 50.8mm de diámetro, rango 150 libras, cedula 160, tipo CSCR, material SA-105.

Cálculo para una presión interna de 1794.5 KPa @ 93°C

De la gráfica de la figura UCS-66 se asume que el material no requiere prueba de impacto, se confirma en el párrafo UCS-66(b)(3)

De la tabla UCS-66 se asume que el espesor estimado de diseño, para placa, es de 7.937 mm. @ -7.8 °C.

Los cuellos serán fabricados a partir de tubo de 51mm de diámetro, cédula 160 por lo que el espesor que gobierna el diseño es igual a 7.65mm:

4.6.1 Espesor de diseño requerido por UG-27 (c) (1)

$$t_{w1} = \frac{PR_o}{S_w E - 0.6P} = \frac{1794.5KPa(30.1625mm - 8.7376mm + 3.2mm)}{(103410KPa)(1) - 0.6(1794.5KPa)} = 0.431mm$$

4.6.2 Espesor requerido por UG-37 (a) y el apéndice 1-1

$$t_r = \frac{PR_o}{SE + 0.4P} = \frac{(1794KPa)(304.8mm)}{(120645KPa)(1) + 0.4(1794.5KPa)} = 4.5mm$$



MEMORIA DE CÁLCULO DE FILTRO  
DE SUCCIÓN PARA BOMBA DE  
PETRÓLEO CRUDO

TESIS PROFESIONAL

HOJA 16 DE 28

4.6.3 Verificación del espesor del cuello de boquilla por UG-45

Espesor de pared por UG-45(a)  $t_{r1} = 0.431mm + 3.2mm = 3.631mm$

Espesor de pared por UG-45(b)(1)  $t_{r2} = 4.5mm + 3.2mm = 7.7mm$

Espesor de pared por UG-16(b)  $t_{r3} = 1.6mm + 3.2mm = 4.80mm$

Espesor de pared por UG-45(b)(4)  $t_{r4} = 4.84mm + 3.2mm = 8.04mm$

El mayor de los espesores  $t_{r2}$  ó  $t_{r3}$   $t_{r5} = 7.7mm$

El menor de los espesores  $t_{r4}$  ó  $t_{r5}$   $t_{r6} = 7.7mm$

El espesor requerido por UG-45 es el mayor de  $t_{r1}$  ó  $t_{r6} = 7.7mm$

La diferencia con respecto al espesor que gobierna es despreciable, por lo tanto el espesor de 7.65mm. se considera adecuado

4.6.4 Cálculo de la placa de refuerzo

No requiere ya que cumple con las condiciones de UG-36(c)(3)(a)

Esfuerzos permisibles:

$S_n = 103410 \text{ Kpa}$  .  $S_v = 120645 \text{ Kpa}$

Factor de reducción de resistencia:

$$f_{r1} \text{ el menor de } f_{r1} = 1 \text{ ó } f_{r1} = \frac{S_n}{S_v} = \frac{103410 \text{ KPa}}{120645 \text{ KPa}} = 0.857$$

$$f_{r2} \text{ el menor de } f_{r2} = 1 \text{ ó } f_{r2} = \frac{S_n}{S_v} = \frac{103410 \text{ KPa}}{120645 \text{ KPa}} = 0.8571$$

Límites del refuerzo por UG-40

Paralelo a la pared del recipiente  $d = 49.25mm$

$$\text{Normal a la pared exterior del recipiente (el menor de)} \begin{cases} 2.5(t - c) = 2.5(8.73mm - 3.2mm) = 13.84mm \\ 2.5(t_n + t_e) = 2.5(5.54mm + 0mm) = 13.84mm \end{cases}$$

$$A = (4.925cm)(0.45cm)(1) + 2(0.553cm)(0.45cm)(1)(1 - 0.8571) = 2.29 \text{ cm}^2$$

$A_1$  (el mayor de)

$$= (4.925cm)[(1)(0.63cm) - (1)(4.5cm)] - 2(0.553cm)[(1)(0.63cm) - (1)(0.45cm)][1 - 0.8571]$$

$$= 0.858 \text{ cm}^2$$

$$= 2(0.63cm + 0.553cm)[(1)(0.63cm) - (1)(0.45cm)] - 2(0.553cm)[(1)(0.63cm) - (1)(0.45)] [1 - 0.8571]$$

$$= 0.3974 \text{ cm}^2$$

$$A_2 \text{ (el menor de)} \begin{cases} = 5[(0.553cm - 0.0431cm)][(0.8571)(0.63cm)] = 1.3766 \text{ cm}^2 \\ = 2(0.553cm - 0.0431cm)[(2.5)(0.553cm)(0.8571)] = 1.21 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$$A_{21} = (0.95cm)^2(0.8571) = 0.7735 \text{ cm}^2$$



MEMORIA DE CÁLCULO DE FILTRO  
DE SUCCIÓN PARA BOMBA DE  
PETRÓLEO CRUDO

TESIS PROFESIONAL

HOJA 17 DE 28

4.6.5 Cálculo de soldadura por UW-16(d)

Para que los tamaños de la soldadura sean adecuados se debe cumplir que  $t_{1min} + t_{2(actual)} \geq 1.25t_{min}$

$$t_{min}(\text{el menor de}) = \begin{cases} 19mm \\ t_n = 5.53mm \\ t_c = 6.3mm \end{cases} \quad t_{1min} \text{ ó } t_{2min}(\text{el menor de}) = \begin{cases} 6mm \\ 0.7t_{min} = 3.87mm \end{cases}$$

$$t_{1(actual)} = 0.7leg = 0.7 * 9.5mm = 6.65mm$$

$$t_{2(actual)} = 4.45mm$$

$$1.25t_{min} = 6.9mm$$

$$t_{1min} + t_{2(actual)} = 3.87mm + 4.45mm = 8.31mm$$

$$8.31mm \geq 6.9mm$$

4.7 Espesor del cuello de la boquilla F (Dren).

Datos de las bridas 50.8mm de diámetro, rango 150 libras, cedula 160, tipo CSCR, material SA-105.

Cálculo para una presión interna de 1791.5 KPa @ 93°C

De la gráfica de la figura UCS-66 se asume que el material no requiere prueba de impacto, se confirma en el párrafo UCS-66(b)(3)

De la tabla UCS-66 se asume que el espesor estimado de diseño, para placa, es de 7.937 mm, @ -7.8 °C.

Los cuellos serán fabricados a partir de tubo de 51mm de diámetro, cédula 160 por lo que el espesor que gobierna el diseño es igual a 7.65mm.

4.7.1 Espesor de diseño requerido por UG-27 (c) (1)

$$t_{m1} = \frac{PR_i}{S_m E - 0.6P} = \frac{1791.5KPa(30.1625mm - 8.7376mm + 3.2mm)}{(103410KPa)(1) - 0.6(1794.5KPa)} = 0.431mm$$

4.7.2 Espesor requerido por UG-37 (a)(3)

$$t_r = \frac{PK_1 D_o}{2SE + 0.8P} = \frac{(1791.5KPa)(0.9)(914mm)}{2(120645KPa)(1) + 0.8(1791.5KPa)} = 6.07mm$$

4.7.3 Verificación del espesor del cuello de boquilla por UG-45

Espesor de pared por UG-45(a)  $t_{r1} = 0.431mm + 3.2mm = 3.631mm$

Espesor de pared por UG-45(b)(1)  $t_{r2} = 6.07mm + 3.2mm = 9.27mm$

Espesor de pared por UG-16(b)  $t_{r3} = 1.6mm + 3.2mm = 4.80mm$

Espesor de pared por UG-45(b)(4)  $t_{r4} = 3.42mm + 3.2mm = 6.62mm$

El mayor de los espesores  $t_{r2}$  ó  $t_{r3}$   $t_{r5} = 9.27mm$

El menor de los espesores  $t_{r4}$  ó  $t_{r5}$   $t_{r6} = 6.62mm$

El espesor requerido por UG-45 es el mayor de  $t_{r1}$  ó  $t_{r6}$  =

Por lo tanto el espesor de 7.65mm, se considera adecuado 6.62mm.



#### 4.7.4 Cálculo de la placa de refuerzo

No requiere ya que cumple con las condiciones de UG-36(c)(3)(a)

Esfuerzos permisibles:

$S_n = 103410 \text{ Kpa}$  ,  $S_v = 120645 \text{ Kpa}$

Factor de reducción de resistencia:

$$f_{r1} \text{ el menor de } f_{r1} = 1 \text{ ó } f_{r1} = \frac{S_n}{S_v} = \frac{103410 \text{ KPa}}{120645 \text{ KPa}} = 0.857$$

$$f_{r2} \text{ el menor de } f_{r2} = 1 \text{ ó } f_{r2} = \frac{S_n}{S_v} = \frac{103410 \text{ KPa}}{120645 \text{ KPa}} = 0.8571$$

Límites del refuerzo por UG-40

Paralelo a la pared del recipiente  $d = 49.25 \text{ mm}$

$$\text{Normal a la pared exterior del recipiente (el menor de)} \begin{cases} 2.5(t - c) = 2.5(8.73 \text{ mm} - 3.2 \text{ mm}) = 13.84 \text{ mm} \\ 2.5(t_n + t_e) = 2.5(5.54 \text{ mm} + 0 \text{ mm}) = 13.84 \text{ mm} \end{cases}$$

$$A = (4.925 \text{ cm})(0.607 \text{ cm})(1) + 2(0.554 \text{ cm})(0.607 \text{ cm})(1)(1 - 0.8571) = 3.085 \text{ cm}^2$$

$A_1$  (el mayor de)

$$= (4.925 \text{ cm})[(1)(0.63 \text{ cm}) - (1)(0.607 \text{ cm})] - 2(0.554 \text{ cm})[(1)(0.63 \text{ cm}) - (1)(0.607 \text{ cm})][1 - 0.8571]$$

$$= 0.1096 \text{ cm}^2$$

$$= 2(0.63 \text{ cm} + 0.554 \text{ cm})[(1)(0.63 \text{ cm}) - (1)(0.607 \text{ cm})] - 2(0.554 \text{ cm})[(1)(0.63 \text{ cm}) - (1)(0.607 \text{ cm})][1 - 0.8571]$$

$$= 0.05082 \text{ cm}^2$$

$$A_2 \text{ (el menor de)} \begin{cases} = 5[(0.554 \text{ cm} - 0.0431 \text{ cm})][(0.8571)(0.63 \text{ cm})] = 1.38 \text{ cm}^2 \\ = 2(0.554 \text{ cm} - 0.0431 \text{ cm})[(2.5)(0.554 \text{ cm})(0.8571)] = 1.21 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$$A_{41} = (0.95 \text{ cm})^2(0.8571) = 0.7735 \text{ cm}^2$$



MEMORIA DE CÁLCULO DE FILTRO  
DE SUCCIÓN PARA BOMBA DE  
PETRÓLEO CRUDO

TESIS PROFESIONAL

HOJA 19 DE 28

4.7.5 Cálculo de soldadura por UW-16(d)

Para que los tamaños de la soldadura sean adecuados se debe cumplir que  $t_{1min} + t_{2(actual)} \geq 1.25t_{min}$

$$t_{min}(\text{el menor de}) = \begin{cases} 19mm \\ t_n = 5.53mm & t_{1min} \text{ ó } t_{2min}(\text{el menor de}) \\ t_c = 6.3mm \end{cases} \begin{cases} 6mm \\ 0.7t_{1min} = 3.87mm \end{cases}$$

$$t_{1(actual)} = 0.7leg = 0.7 * 9.5mm = 6.65mm$$

$$t_{2(actual)} = 4.44mm$$

$$1.25t_{min} = 6.9mm$$

$$t_{1min} + t_{2(actual)} = 3.87mm + 4.44mm = 8.31mm$$

$$8.31mm \geq 6.9mm$$

4.8 Espesor del cuello de la boquilla M (Entrada - Hombre).

Idéntico al punto 4.1

Datos de las bridas 508 mm de diámetro, rango 150 libras, cedula 20, tipo CSCR, material SA-105.

Cálculo para una presión interna de 1445 KPa @ 93°C

4.8.1 Espesor de diseño requerido por UG-27 (c) (1)

$$t_m = \frac{PR_o}{S_oE - 0.6P} = \frac{1445KPa(254mm - 9.5mm + 3.2mm)}{(120645KPa)(1) - 0.6(1445KPa)} = 2.98mm$$

4.8.2 Espesor requerido por UG-37 (a)(3)

$$K > 0.5 \quad K = \frac{1}{6} \left[ 2 + \left( \frac{D}{2h} \right)^2 \right] \quad h = \frac{Di}{4}$$

$$K(\text{corroído}) = \frac{1}{6} \left[ 2 + \left( \frac{914mm - 2(9.5mm) + 2(3.2mm)}{2(226.95mm)} \right)^2 \right] = 0.9906$$

$$t_c = \frac{PKD_o}{2SE + 2P(K - 0.1)} = \frac{(1445KPa)(0.9906)(914mm)}{2(120645KPa)(1) + 2(1445KPa)(0.9906 - 0.1)} = 5.36mm$$

4.8.3 Verificación del espesor del cuello de boquilla por UG-45

Espesor de pared por UG-45(a)  $t_{r1} = 2.98mm + 3.2mm = 6.18mm$

Espesor de pared por UG-45(b)(1)  $t_{r2} = 5.36mm + 3.2mm = 8.56mm$

Espesor de pared por UG-16(b)  $t_{r3} = 1.6mm + 3.2mm = 4.80mm$

Espesor de pared por UG-45(b)(4)  $t_{r4} = 8.33mm + 3.2mm = 11.53mm$

El mayor de los espesores  $t_{r2}$  ó  $t_{r3}$ ,  $t_{r5} = 8.56mm$ .

El menor de los espesores  $t_{r4}$  ó  $t_{r5}$ ,  $t_{r6} = 8.56mm$

El espesor requerido por UG-45 es el mayor de  $t_{r1}$  ó  $t_{r6} = 8.56mm$

Por lo tanto el espesor asumido de 9.5mm, se considera adecuado



MEMORIA DE CÁLCULO DE FILTRO  
DE SUCCIÓN PARA BOMBA DE  
PETRÓLEO CRUDO

TESIS PROFESIONAL

HOJA 20 DE 28

4.8.4 Cálculo de la placa UG-45 es el mayor de  $t_{r1}$  ó  $t_{r0} = 8.56\text{mm}$

Por lo tanto el espesor de refuerzo

Límites del refuerzo por UG-40

Paralelo a la pared del recipiente  $d = 495.4\text{ mm}$

$$\text{Normal a la pared exterior del recipiente (el menor de)} \begin{cases} 2.5(t - c) = 15.75\text{mm} \\ 2.5(t_0 + t_c) = 15.8\text{mm} \end{cases}$$

De acuerdo a UG-37

Esfuerzos permisibles:

$$S_n = 120645\text{ Kpa}, \quad S_v = 120645\text{ Kpa}, \quad S_p = 120645\text{ Kpa}.$$

Factor de reducción de resistencia:

$$f_{r1} \text{ el menor de } f_{r1} = 1 \quad \text{ó} \quad f_{r1} = \frac{S_n}{S_r}$$

$$f_{r2} \text{ el menor de } f_{r2} = 1 \quad \text{ó} \quad f_{r2} = \frac{S_n}{S_v}$$

$$f_{r3} = \frac{(\text{el menor de } S_n \text{ ó } S_p)}{S_v}$$

$$f_{r4} \text{ el menor de } f_{r4} = 1 \quad f_{r4} = \frac{S_p}{S_v}$$

$$A = (4.954\text{cm})(0.536\text{cm})(1) + 2(0.63\text{cm})(0.536\text{cm})(1)(1-1) = 26.55\text{ cm}^2$$

$$A_1 \text{ (el mayor de)} \begin{cases} = (49.5\text{cm})[(1)(0.63\text{cm}) - (1)(0.536\text{cm})] = 4.65\text{ cm}^2 \\ = 2(0.63\text{cm} + 0.63\text{cm})[(1)(0.63\text{cm}) - (1)(0.536\text{cm})] = 0.236\text{ cm}^2 \end{cases}$$

$$A_2 \text{ (el menor de)} \begin{cases} = 5[0.63\text{cm} - 0.298\text{cm}][(1)(0.63\text{cm})] = 1.0458\text{ cm}^2 \\ = 2(0.63\text{cm} - 0.298\text{cm})[(2.5)(0.63\text{cm}) + 0.95\text{cm}][1] = 1.6766\text{ cm}^2 \end{cases}$$

$$A_{41} = (0.63\text{cm})^2(1) = 0.3969\text{ cm}^2$$

$$A_{42} = (0.95\text{cm})^2 = 0.9025\text{ cm}^2$$

$$A_3 = [(71.12\text{cm} - 49.54\text{cm} - (2)(0.63\text{cm}))][(0.95\text{cm})(1)] = 19.304\text{ cm}^2$$

$$4.65\text{ cm}^2 + 1.0458\text{ cm}^2 + 0.3969\text{ cm}^2 + 0.9025\text{ cm}^2 + 19.304\text{ cm}^2 = 26.29\text{ cm}^2$$

El área total es menor que A, sin embargo la diferencia es despreciable por lo que se considera que el refuerzo es adecuado



#### 4.8.5 Cálculo de soldadura por UW-16

- Soldadura de filete interior

$$t_{min}(el\ menor\ de) = \begin{cases} 19mm \\ t_n = 6.3mm \\ t_c = 9.5mm \end{cases} \quad t_{min}(el\ menor\ de) \begin{cases} 6mm \\ 0.7t_{min} = 4.41mm \end{cases}$$

$$t_c(actual) = 0.7leg = 0.7 * 9.5mm = 6.65mm$$

- Soldadura de filete exterior

$$t_{min}(el\ menor\ de) \begin{cases} 19mm \\ t_n = 6.3mm \\ t_c = 9.5mm \end{cases} \quad t_{min}(el\ menor\ de) \begin{cases} 19mm \\ 0.5t_{min} = 3.15mm \end{cases}$$

$$t_w(actual) = 0.7leg = 0.7 * 9.5mm = 6.65mm$$

#### 4.8.5.1 Esfuerzos permisibles en las uniones soldadas por UW-15(c) y UG-45(c)

Esfuerzo en tensión de soldadura de ranura =  $0.74 * 120645 \text{ KPa} = 89277.3 \text{ Kpa}$

Esfuerzo cortante de la pared de la boquilla =  $0.70 * 120645 \text{ KPa} = 84451 \text{ Kpa}$

Esfuerzo cortante de soldadura de filete interior =  $0.49 * 120645 \text{ Kpa} = 59116.05 \text{ Kpa}$

Esfuerzo cortante de soldadura de filete exterior =  $0.49 * 120645 \text{ Kpa} = 59116.05 \text{ Kpa}$

Esfuerzo en tensión de soldadura de ranura superior =  $0.74 * 120645 \text{ KPa} = 89277.3 \text{ Kpa}$

#### 4.8.5.2 Resistencia de elementos en unión, apéndice L7.6.8(a)(b)

$$\text{Resistencia de la soldadura } R_w = \frac{\pi}{2} D_{res} S leg$$

$$\text{Resistencia en pared } R_p = \frac{\pi}{2} D_{mb} t_n S$$

#### 4.8.5.2.1 Resistencia al esfuerzo cortante de la soldadura de filete, interior.

$$R_1 = \frac{\pi}{2} (0.508m)(59116KPa)(0.0095m) = 448139Nw$$

#### 4.8.5.2.2 Resistencia al esfuerzo cortante de la soldadura de filete, exterior.

$$R_2 = \frac{\pi}{2} (0.7112m)(59116KPa)(0.0095m) = 627395Nw$$

#### 4.8.5.2.3 Resistencia al esfuerzo cortante en la pared de la boquilla.

$$R_3 = \frac{\pi}{2} (0.502m)(0.0063m)(84451KPa) = 419536Nw$$

#### 4.8.5.2.4 Resistencia de la soldadura de ranura en tensión.

$$R_4 = \frac{\pi}{2} (0.508m)(0.0063m)(89277.3KPa) = 448813Nw$$



#### 4.8.5.2.5 Resistencia de la soldadura de ranura superior en tensión.

$$R_5 = \frac{\pi}{2} (0.508m)(0.0095m)(89277.3KPa) = 676782Nw$$

#### 4.8.5.3 Cargas soportadas por los cordones de soldadura de la placa de refuerzo, por UG-41(b)(1) De la figura UG-41.1

$$W' = [A - A_1 + 2 t_n f_{r1} (E_1 t - F t_r)] S_t$$

$$W' = [0.002655m^2 - 0.000465m^2 + 2(0.000635m)(1)[(1)(0.000635m) - (1)(0.000536m)](120645KPa)$$

$$W' = 264.23E03Nw$$

$$W_{1-1} = [A_2 + A_{41} + A_{42} + A_5] S_t$$

$$W_{1-1} = [104.58 * 10^{-6}m^2 + 1.9304 * 10^{-3}m^2 + 39.7 * 10^{-6}m^2 + 90.25 * 10^{-6}m^2](120645KPa)$$

$$W_{1-1} = 261188 Nw$$

$$W'_{2-2} = [A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} + 2 t_n f_{r1}] S_t$$

$$W'_{2-2} = [104.58 * 10^{-6}m^2 + 39.7 * 10^{-6}m^2 + 2(0.00635m)(0.00635m)(1)](120645KPa)$$

$$W'_{2-2} = 27136 Nw$$

$$W'_{3-3} = [A_2 + A_3 + A_5 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + 2 t_n f_{r1}] S_t$$

$$W'_{3-3} = [104.58 * 10^{-6}m^2 + 1.9304 * 10^{-3}m^2 + 39.7 * 10^{-6}m^2 + 90.25 * 10^{-6}m^2 + 2(0.00635m)(0.00635m)(1)] * (120645KPa)$$

$$W'_{3-3} = 271000 Nw$$

Verificación de resistencia en los ejes:

$$1-1 \quad R_2 + R_3 = 627395Nw + 419536Nw = 1046931 Nw$$

$$2-2 \quad R_1 + R_4 + R_5 = 448139Nw + 448813Nw + 676782Nw = 1573734 Nw$$

$$3-3 \quad R_2 + R_4 = 627395Nw + 448813Nw = 1076208 Nw$$

Todo los ejes tienen mayor resistencia que la requerida por UG-41(b)(2) de  $W_{1-1}$ ,  $W_{2-2}$ ,  $W_{3-3}$

#### 4.9 Cálculo de los soportes para apoyo

Los miembros sujetos a fuerzas axiales y momento de doblez debe satisfacer la siguiente condición:

$$\frac{f_a}{F_u} = \left( \frac{f_a}{F_u} \right) \leq 1 \quad \text{Para el calculo se considera un ángulo de } 101.6 \text{ mm} \times 9.5 \text{ mm.}$$

#### 4.9.1 Esfuerzo a compresión en el soporte( $f_a$ )

$$f_a = \frac{k}{AN} \left( W' + \frac{4M}{D} \right) \quad \text{donde } k = 1 \quad f_a = \frac{1}{(18.45cm^2)(4)} \left( 4383Kg + \frac{(4)(6.11Kg \cdot m)}{0.914m} \right) = 59.7Kg/cm^2$$



#### 4.9.2 Cálculo de la relación $\frac{KL}{r_z}$

$K = 2$  para el caso f de la tabla C1.8.1

$$\frac{(2)(800\text{mm})}{20.1\text{mm}} = 79.6$$

de la tabla 3-36 de AISC  $F_u = 1080 \text{ kg/cm}^2$

de la tabla 9 de AISC  $F_c = 1641 \text{ kg/cm}^2$

#### 4.9.3 Excentricidad de carga desde el centroide del soporte (e).

$$e = 1.41 \left( \frac{l}{2} - x \right) + 0.29t_f = 1.41 \left( \frac{10.16\text{cm}}{2} - 2.89\text{cm} \right) + 0.29(0.95\text{cm}) = 3.36\text{cm}$$

#### 4.9.4 Esfuerzo al doblar en el soporte ( $f_b$ ).

$$f_b = \frac{x}{r_z^2} \left( f_u e + \frac{HL}{NA} \right) = \frac{2.89\text{cm}}{(3\text{cm})^2} \left( (24\text{Kg/cm}^2)(3.36\text{cm}) + \frac{(0)(72.6\text{cm})}{(4)(45.87\text{cm}^2)} \right) = 36.62\text{Kg/cm}^2$$

#### 4.9.5 Doble máximo permisible ( $F_b$ )

$$F_b = 0.6F_c = 0.6(2530\text{Kg/cm}^2) = 1518\text{Kg/cm}^2$$

#### 4.9.6 Verificación de la condición indicada en el punto 4.9

$$\frac{59.7\text{Kg/cm}^2}{1080\text{Kg/cm}^2} + \frac{36.62\text{Kg/cm}^2}{\left( 1 - \frac{59.7\text{Kg/cm}^2}{1641\text{Kg/cm}^2} \right) 1518\text{Kg/cm}^2} = 0.08 \leq 1$$

Por lo tanto el ángulo considerado de 101.6 mm x 9.5 mm se considera adecuado para sostener el recipiente.

#### 4.10 Cálculo de la soldadura de los soportes

##### 4.10.1 Longitud requerida para prevenir falla por esfuerzo cortante en la pared del recipiente.

$$J = \frac{f_u A}{2t_s} = \frac{(59.7\text{Kg/cm}^2)(18.45\text{cm}^2)}{2(0.95\text{cm})(1012.6\text{kg/cm}^2)} = 0.572\text{cm}$$

##### 4.10.2 Longitud requerida para prevenir falla por esfuerzo cortante en los cortes del ángulo.

$$J = \frac{f_u A}{2t_s} = \frac{(59.7\text{Kg/cm}^2)(18.45\text{cm}^2)}{2(0.95\text{cm})(1012.6\text{kg/cm}^2)} = 0.572\text{cm}$$

##### 4.10.3 Longitud requerida en la placa de respaldo del soporte.

Se considera placa del mismo material y espesor del recipiente.

Efecto de cargas por pesos y momentos en la pared del recipiente, para soportes sin atiesadores.

$$M_s = 6.11 \text{ Kg m}$$

$$M_1 N = kW_e = (1)(4383\text{Kg})(.0336\text{m}) = 147.27\text{Kgm}$$

$$M_2 N = 147.27\text{Kgm} + \frac{(4)(1)(6.11\text{Kgm})(0.0336\text{m})}{0.914\text{m}} - (0)(0.726\text{m}) = 148.16\text{Kgm}$$

$$M_3 N = 147.27\text{Kgm} - \frac{(4)(1)(6.11\text{Kgm})(0.0336\text{m})}{0.914\text{m}} + (0)(0.726\text{m}) = 146.37\text{Kgm}$$



MEMORIA DE CÁLCULO DE FILTRO  
DE SUCCIÓN PARA BOMBA DE  
PETRÓLEO CRUDO

TESIS PROFESIONAL

HOJA 24 DE 28

$$S_n = \frac{P(D - 2t_s)}{2t_s} = \frac{12.1 \text{Kg/cm}^2 [91.4 \text{cm} - 2(0.95 \text{cm})]}{2(0.95 \text{cm})} = 570 \text{Kg/cm}^2$$

$$S = 1.25 S_{as} - S_n = 1.25(1113 \text{Kg/cm}^2 - 570 \text{Kg/cm}^2) = 821.6 \text{Kg/cm}^2$$

$$M_i = 0.00787$$

$$L_i = \frac{12 D M_i N M_i}{S(t_s^2 + t_s^2)} = \frac{12(0.914 \text{m})(148.16 \text{Kg/m})(0.00787)}{(8.216 * 10^6 \text{Kg/m}^2)[(0.0095 \text{m})^2 + (0.0095 \text{m})^2]} = 0.0928 \text{m} = 9.28 \text{cm}$$

La longitud de soldadura requerida ( $J_{\text{especificada}}$ ) es de 9.28cm mínimo

Tamaño de la soldadura requerida para evitar fallas por fuerza cortante vertical

$$9.5 \text{mm} \geq \frac{f_u A}{2 S J_{\text{especificada}}} = \frac{(59.7 \text{Kg/cm}^2)(18.45 \text{cm}^2)}{2(1012.6 \text{Kg/cm}^2)(9.28 \text{cm})} = 0.828 \text{cm}$$

$$9.5 \text{mm} \geq 8.28 \text{mm}$$

#### 4.11 Cálculo de las dimensiones mínimas de la placa base

Para prevenir compresión del piso

$$h \geq \frac{f_u A}{F} = \frac{(59.7 \text{Kg/cm}^2)(18.45 \text{cm}^2)}{90 \text{Kg/cm}^2} = 3.49 \text{cm}$$

#### 4.11.1 Cálculo del espesor de la placa base

$$t_b = \frac{f_u A}{F} = \frac{(59.7 \text{Kg/cm}^2)(18.45 \text{cm}^2)}{2(1518 \text{Kg/cm}^2)} = 0.602 \text{cm}$$

#### 4.11.2 Dimensiones de la placa de respaldo y placa base.

Con base en los resultados obtenidos y dimensiones del ángulo para soporte, se recomienda:

una placa de respaldo de 216mm x 228mm x 9.5mm

una placa base de 128mm x 128mm x 6.35mm



**MEMORIA DE CÁLCULO DE FILTRO  
DE SUCCIÓN PARA BOMBA DE  
PETRÓLEO CRUDO**

**TESIS PROFESIONAL**

**HOJA 25 DE 28**

**V.- Conclusiones**

**5.0 Presión y temperatura**

Presión de Trabajo Máxima Permisible (MAWP) = 1640 Kpa @ 93 °C

Presión Máxima Permisible (MAP) = 2529Kpa @ 21.1 °C

**5.1 Materiales**

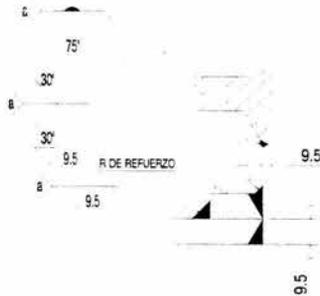
	<b>MATERIAL</b>	<b>ESPESOR</b>
Cuerpo	SA-516-Gr 70	Placa de 9.5mm (3/8") nominal
Tapas	SA-516-Gr 70	Placa de 9.5mm (3/8") mínimo
Cuello boquilla A	SA-516-Gr 70	Placa de 9.5mm (3/8") nominal
Cuello boquilla B	SA-516-Gr 70	Placa de 9.5mm (3/8") nominal
Cuello boquilla E	SA-106-Gr A	Tubo 50.8 mm (2") de diámetro cedula 160
Cuello boquilla F	SA-106-Gr A	Tubo 50.8 mm (2") de diámetro cedula 160
Cuello boquilla M	SA-516-Gr 70	Placa de 9.5mm (3/8") nominal
Placa de refuerzo Boquillas A, B, M	SA-516-Gr 70	Placa de 9.5mm (3/8") nominal
Placa de respaldo Para soportes	SA-516-Gr 70	Placa de 9.5mm (3/8") nominal
Soportes	SA-36	Angulo de 101mm x 9.5mm (4" x 3/8")
Placa base	SA-36	Placa de 6.3mm (1/4")

**5.2 Soldadura**

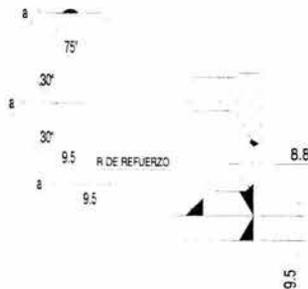
	<b>Tamaño de garganta requerido</b>	<b>Tamaño de garganta real</b>	<b>Observaciones</b>
Soldadura de filete de boquilla a placa de refuerzo	$t_{\min} = 4.41\text{mm}$	$t_{\text{real}} = 6.65\text{mm}$	El tamaño de las soldaduras es adecuado para las boquillas A, B, M.
Soldadura de filete de placa de refuerzo a cuerpo	$t_{\min} = 3.15\text{mm}$	$t_{\text{real}} = 6.65\text{mm}$	El tamaño de las soldaduras es adecuado para las boquillas A, B, M.
Soldadura de ranura de boquilla a placa de refuerzo	4.41mm	9.5mm	El tamaño de las soldaduras es adecuado para las boquillas A, B, M.
Soldadura de filete de boquilla a cuerpo	$t_{\min} = 3.87\text{mm}$	$t_{\text{real}} = 6.65\text{mm}$	El tamaño de las soldaduras es adecuado para las boquillas E, F.
Soldadura de ranura de boquilla a cuerpo	$t_{\min} = 3.87\text{mm}$	$t_{\text{real}} = 4.44\text{mm}$	El tamaño de las soldaduras es adecuado para las boquillas E, F.
Soldadura de filete de placa de respaldo a cuerpo	Tamaño de pierna requerido 8.28mm	Tamaño de pierna real 9.5 mm	El tamaño de las soldaduras es adecuado para la placa de respaldo
Soldadura de filete de ángulo a placa de respaldo	Tamaño de pierna requerido 8.28mm	Tamaño de pierna real 9.5 mm	El tamaño de las soldaduras es adecuado para el ángulo de soporte



5.2.1 a) Unión cuerpo-boquilla A, B y M.



5.2.1 b) Unión cuerpo-boquillas E y F.

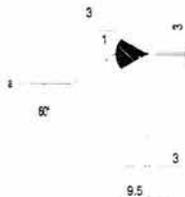




5.2.2 a) Unión longitudinal y circunferencial cuerpo-cuerpo del recipiente y unión longitudinal del cuello de las boquillas A, B, M.



5.2.2 b) Unión tapa-cuerpo (típico)

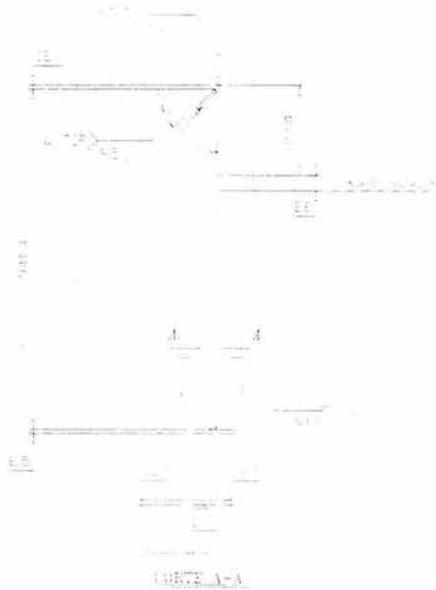


NOTA 1. Todas las uniones de ranura deberán ser radiografiadas al 100%

\* El ángulo de apertura será el indicado en el procedimiento de soldadura (WPS) asignado por ingeniería de soldadura.



5.2.3 Unión soporte-cuerpo.





PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA  
(WPS)

TESIS PROFESIONAL

HOJA 1 DE 2

Nombre de la Compañía \_\_\_\_\_  
 No. de Procedimiento de soldadura \_\_\_\_\_ Soporte (PQR) \_\_\_\_\_  
 Revisión \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_  
 Proceso (s) de Soldadura \_\_\_\_\_ Tipo \_\_\_\_\_  
 (Manual, Automático)

**JUNTA (QW-402)**

Diseño de la Junta \_\_\_\_\_  
 Respaldo (SI) \_\_\_\_\_ (NO) \_\_\_\_\_  
 Material de Respaldo (Tipo) \_\_\_\_\_  
 Metal \_\_\_\_\_  
 No Metálico \_\_\_\_\_ Metal no Fundible \_\_\_\_\_  
 Otros \_\_\_\_\_

**METALES DE BASE (QW-403)**

P No. \_\_\_\_\_ Grupo No. \_\_\_\_\_ a P No. \_\_\_\_\_ Grupo No. \_\_\_\_\_  
 Especificación Tipo y Grado \_\_\_\_\_  
 A Especificación Tipo y Grado \_\_\_\_\_  
 O \_\_\_\_\_  
 Análisis Químico y Propiedades Mecánicas \_\_\_\_\_  
 A Análisis Químico y Propiedades Mecánicas \_\_\_\_\_  
 Rango de Espesor \_\_\_\_\_  
 Metal Base Ranura \_\_\_\_\_ Filete \_\_\_\_\_  
 Rango de Diámetro Tubería Ranura \_\_\_\_\_ Filete \_\_\_\_\_  
 Otros \_\_\_\_\_

**METALES DE APORTE (QW-404)**

No. de Especificación (SFA) \_\_\_\_\_  
 No. de Clasificación AWS \_\_\_\_\_  
 No. F \_\_\_\_\_  
 No. A \_\_\_\_\_  
 Tamaño de Metal de Aporte \_\_\_\_\_  
 Metales de Soldadura \_\_\_\_\_  
 Rango de Espesor \_\_\_\_\_  
 Ranura \_\_\_\_\_  
 Filete \_\_\_\_\_  
 Electrodo- Fundente (Clasificación ) \_\_\_\_\_  
 Nombre Comercial del fundente \_\_\_\_\_  
 Inserto Consumible \_\_\_\_\_  
 Otro \_\_\_\_\_



**PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA  
(WPS)**

**TESIS PROFESIONAL**

**HOJA 2 DE 2**

**POSICIONES (QW-405)**

Posición (s) de Ranura \_\_\_\_\_  
 Progresión de Soldadura \_\_\_\_\_  
 Posición (es) de Filete \_\_\_\_\_

**TRATAMIENTO TÉRMICO (QW-407)**

Rango de Temperatura \_\_\_\_\_  
 Rango de Tiempo \_\_\_\_\_

**PRECALENTAMIENTO (QW-406)**

Temp. min. de precalentamiento \_\_\_\_\_  
 Temp. máxima de interpasos \_\_\_\_\_  
 Mantenimiento de precalentamiento \_\_\_\_\_

**GASES (QW-408)**

	Porcentaje de composición		
	Gas	Mezcla	Rango de flujo
Protección	_____	_____	_____
Arrastre	_____	_____	_____
Respaldo	_____	_____	_____

**CACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)**

Corriente AC ó DC \_\_\_\_\_ Polaridad \_\_\_\_\_ Amps. (Rango) \_\_\_\_\_ Volts (Rango) \_\_\_\_\_  
 Tamaño y Tipo de Electrodo de Tungsteno \_\_\_\_\_  
 Modo de Transferencia de Metal para GMAW \_\_\_\_\_  
 Rango de Velocidad de Alimentación de Electrodo de Alambre \_\_\_\_\_

**TÉCNICA (QW-410)**

Oscilación Recta u Oscilante \_\_\_\_\_  
 Orificio ó Tamaño de la Boquilla de Gas \_\_\_\_\_  
 Limpieza inicial y de interpasos (cepill'o. esmeril. etc) \_\_\_\_\_  
 Método de limpieza Posterior \_\_\_\_\_  
 Oscilación \_\_\_\_\_  
 Distancia de la boquilla de contacto a la Pieza \_\_\_\_\_  
 Pasos múltiples ó simples (por lado) \_\_\_\_\_  
 Electrodo único ó múltiple \_\_\_\_\_  
 Velocidad de avance (Rango) \_\_\_\_\_  
 Martilleo \_\_\_\_\_  
 Otros \_\_\_\_\_

Capas de soldadura	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Rango de Voltaje	Rango de Vel. de Avance	Otros
		Clase	Diámetro	Tipo Polaridad	Rango de Amp.			



REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE  
PROCEDIMIENTO  
(PQR)

TESIS PROFESIONAL

HOJA 1 DE 2

Nombre de La Compañía \_\_\_\_\_  
Registro de Calificación de Procedimiento No. \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_  
Especificación del Procedimiento de Soldadura No. \_\_\_\_\_ Rev. \_\_\_\_\_  
Proceso de Soldadura \_\_\_\_\_ Tipo \_\_\_\_\_

JUNTAS (QW-402)

**METALES BASE (QW-403)**

Especificación del material \_\_\_\_\_  
Tipo ó Grado \_\_\_\_\_  
P- No. \_\_\_\_\_ a P-No. \_\_\_\_\_  
Espesor de la Probeta de prueba \_\_\_\_\_  
Diámetro de la Probeta de prueba \_\_\_\_\_

**METALES DE APORTE (QW-404)**

Especificación SF \_\_\_\_\_  
Clasificación AWS \_\_\_\_\_  
Metales de Aporte F- No. \_\_\_\_\_  
Análisis Metal de Soldadura A No. \_\_\_\_\_  
Tamaño del metal de aporte \_\_\_\_\_  
Diámetro del metal de Aporte \_\_\_\_\_  
Otros \_\_\_\_\_  
Espesor del Metal de Soldadura \_\_\_\_\_

**POSICIÓN (QW-405)**

Posición de la Ranura \_\_\_\_\_  
Progresión de Soldadura (Ascendente/Descendente) \_\_\_\_\_  
Otros \_\_\_\_\_

**PRECALENTAMIENTO (QW-406)**

Temperatura de Precalentamiento \_\_\_\_\_  
Temperatura de Interpasos \_\_\_\_\_  
Otros \_\_\_\_\_

**TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR  
( QW-407 )**

Temperatura \_\_\_\_\_  
Tiempo \_\_\_\_\_  
Otros \_\_\_\_\_

**GAS (QW-408)**

	Porcentaje de Composición		
	Gas	Mezcla	Rango Flujo
Protección	_____	_____	_____
Arrastre	_____	_____	_____
Respaldo	_____	_____	_____

**CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS  
(QW-409)**

Corriente \_\_\_\_\_  
Polaridad \_\_\_\_\_  
Amperaje \_\_\_\_\_  
Voltaje \_\_\_\_\_  
Diámetro del electrodo de tungsten \_\_\_\_\_  
Otros \_\_\_\_\_

**TÉCNICA (QW-410)**

Velocidad de avance \_\_\_\_\_  
Deposito recto u Oscilatorio \_\_\_\_\_  
Oscilación \_\_\_\_\_  
Pasos múltiples ó sencillo (por lado) \_\_\_\_\_  
Electrodo múltiple ó sencillo \_\_\_\_\_  
Otros \_\_\_\_\_



**REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE  
PROCEDIMIENTO  
(PQR)**

**TESIS PROFESIONAL**

**HOJA 2 DE 2**

**PRUEBAS DE TENSIÓN (QW-150)**

Especimen No.	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Max. de ruptura (Kpa)	Esfuerzo Max. de ruptura (Kpa)	Tipo de falla y Localización

**PRUEBA DE DOBLEZ GUIADO (QW-160)**

Tipo y Figura No.	Resultado

**PRUEBAS DE TENACIDAD (QW-170)**

Especimen No.	Localización de la muesca	Tipo de muesca	Prueba de temperatura	Valores de impacto	Expansión lateral		Caída de peso	
					% Cizallado	Milésimas	Ruptura	No. Ruptura

**PRUEBAS DE TENACIDAD (QW-180)**

Resultado Satisfactorio SI  NO  Penetración en el Metal Base SI  NO

**OTRAS PRUEBAS**

Tipo de prueba \_\_\_\_\_  
Análisis de Deposito \_\_\_\_\_  
Otros \_\_\_\_\_

Nombre del Soldador \_\_\_\_\_ No. De Tarjeta \_\_\_\_\_ Símbolo \_\_\_\_\_  
Pruebas Conducidas por \_\_\_\_\_ Pruebas de Laboratorio No. \_\_\_\_\_

Certificamos que el contenido en este registro es correcto y que las probetas de soldadura fueron preparadas, soldadas y aprobadas de acuerdo con los requerimientos de la Sección IX del Código ASME.

Fecha: \_\_\_\_\_ Fabricante \_\_\_\_\_



**REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE  
SOLDADOR U OPERADOR DE  
SOLDADURA ( WPQ )**

**TESIS PROFESIONAL**

**HOJA 1 DE 2**

Nombre del soldador \_\_\_\_\_ No. De Tarjeta \_\_\_\_\_ Símbolo \_\_\_\_\_  
 Procedimiento de Soldadura utilizado \_\_\_\_\_ Tipo \_\_\_\_\_  
 Identificación de WPS seguido por el Soldador durante la Soldadura de la probeta de prueba \_\_\_\_\_  
 Material Base (s) Soldado \_\_\_\_\_ Espesor \_\_\_\_\_

**Variables para cada proceso**

**Manual ó Semiautomático (QW-350)**

VALORES  
ACTUALES

RANGO  
CALIFICADO

Respaldo ( metal, metal soldado, por ambos lados. Flux, etc) (QW-350)	_____	_____
ASME P- No. a ASME P-No. (QW-403)	_____	_____
( ) Placa ( ) Tubo (Indicar diámetro si es tubería)	_____	_____
Especificación de metal de aporte SFA	_____	_____
Clasificación (QW-404)	_____	_____
Metal de Aporte No. F	_____	_____
Consumible para GTAW o PAW	_____	_____
Espesor del deposito	_____	_____
para cada proceso de soldadura	_____	_____
Posición de Soldadura (QW-405)	_____	_____
Progresión de Soldadura	_____	_____
( Ascendente/ Descendente)	_____	_____
Gas de respaldo para GTAW, PAW o GMAW	_____	_____
Gas completo para OFW (QW-408)	_____	_____
Forma de transferencia para SMAW (QW-409)	_____	_____
Proceso GTAW tipo de corriente / polaridad	_____	_____

**Variables para procesos  
de soldadura utilizando máquinas  
de soldar (QW-360)**

Control visual remoto / directo	_____	_____
Control de voltaje automático (GTAW)	_____	_____
Uniones Tracking automáticas	_____	_____
Posición de soldadura	_____	_____
Conjunto de consumibles	_____	_____
Respaldo (metal, metal soldado por ambos lado, flux, etc)	_____	_____



REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE  
SOLDADOR U OPERADOR DE  
SOLDADURA ( WPQ )

TESIS PROFESIONAL

HOJA 2 DE 2

RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE DOBLEZ GUIADO

Tipo de Prueba de doblez guiado	QW-452.2 Resultados (lateral)	QW-462.3 (a) tipo (cara-raíz)	QW-462.3 (b) Resultado (long. cara y raíz)

Resultado del examen visual (QW-302.4) \_\_\_\_\_

Resultado de la prueba de Radiografiado (QW-304 y QW-305) \_\_\_\_\_  
(como alternativa de calificación de soldaduras de ranura por radiografía)

Soldadura de Filete Prueba de Fractura \_\_\_\_\_ Longitud y Porcentaje de defectos \_\_\_\_\_

Prueba Macro de Fusión \_\_\_\_\_ Tamaño de la pierna del Filete \_\_\_\_\_

Concavidad / convexidad \_\_\_\_\_

Prueba conducida por \_\_\_\_\_

Prueba Mecánica conducida por \_\_\_\_\_

Prueba de Laboratorio No. \_\_\_\_\_

Certificamos que el contenido en este registro es correcto y que las probetas de soldadura fueron preparadas, soldadas y aprobadas de acuerdo con los requerimientos de la Sección IX del Código ASME.

Fecha: \_\_\_\_\_

Fabricante \_\_\_\_\_



**CERTIFICADO DE MATERIALES  
( PLACAS )**

**TESIS PROFESIONAL**

**HOJA DE**

Pedido Cliente \_\_\_\_\_  
 Pedido de fabricante \_\_\_\_\_  
 Producto \_\_\_\_\_  
 Embarcado \_\_\_\_\_

No., de Remisión \_\_\_\_\_  
 No. De Certificado \_\_\_\_\_  
 Fecha de Certificado \_\_\_\_\_  
 Pagina: \_\_\_\_\_

Partida	Dimensiones	Cantidad	Especificación	Colada	Prueba de Tensión		
					No.	Límite Elástico	Última Tensión
					1		
					2		
					3		
					4		
					5		

Partida	Dimensiones	Cantidad	Especificación	Colada	Tipo de grano	% de elongación	Pruebas de Impacto

**COMPOSICIÓN QUÍMICA**

Carbon	Manganeso	Fósforo	Azufre	Silicio	Cobre	Otros

Notas: HBR Dureza Rockwell B, HCR Dureza Rockwell C. Tamaño de Grano Austenítico.  
 Tamaño grano Ferrítico.

Longitud de Prueba:

Certificamos que los análisis químicos y pruebas mostradas en este reporte son correctos y están en los registros de la compañía.

Gerente de Laboratorio de Metalurgia  
 Nombre:

Fecha:



CERTIFICADO DE MATERIALES  
( TUBERÍA )

TESIS PROFESIONAL

HOJA 1 DE 1

Pedido Cliente \_\_\_\_\_  
Pedido de fabricante \_\_\_\_\_  
Producto \_\_\_\_\_  
Embarcado \_\_\_\_\_

No. de Remisión \_\_\_\_\_  
No. De Certificado \_\_\_\_\_  
Fecha de Certificado \_\_\_\_\_

Part.	Dimens.	Cant.	Norma	Colada	Tipo Tubo	Peso Nominal	Extremos	Espesor	Long	Sup	PH.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	Cu	V	Nb	Sn	Al	Ti	B	N

PROPIEDADES MECANICAS Y PRUEBAS

Colada	Fluencia	Resistencia	Alargamiento	Aplastamiento	Dureza	Impacto	Valor promedio

Certificamos que los análisis químicos y pruebas mostradas en este reporte son correctos y están en los registros de la compañía.

Gerente de Laboratorio de Metalurgia

Nombre:

Fecha:



**CERTIFICADO DE MATERIALES  
( BRIDAS )**

**TESIS PROFESIONAL**

**HOJA 1 DE 1**

Pedido Cliente \_\_\_\_\_  
 Pedido de fabricante \_\_\_\_\_  
 Producto \_\_\_\_\_  
 Embarcado \_\_\_\_\_

No. de Remisión \_\_\_\_\_  
 No. De Certificado \_\_\_\_\_  
 Fecha de Certificado \_\_\_\_\_  
 Pagina: \_\_\_\_\_

Partida	Dimen- siones	Cantidad	Especifi- cación	Colada	Descrip- ción	Pruebas de tensión	% de Elongación	Análisis Físicos	
								Dureza	Charpy

**COMPOSICIÓN QUÍMICA**

C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	Cu	Va	Nb/Cb

Notas: HBR Dureza Rockwell B, HRC Dureza Rockwell C.

Certificamos que los análisis químicos y pruebas mostradas en este reporte son correctos y están en los registros de la compañía.

Gerente de Laboratorio de Metalurgia

Nombre:

Fecha:



REPORTE DE FORMADO DE TAPAS

TESIS PROFESIONAL  
HOJA DE

ORDEN DE TRABAJO:	CLIENTE:	REPORTE No.	PAGINA DE
FABRICACION ( )	MAQUILA ( )	ESPECIFICACION DE MATERIAL:	
TIPO DE TAPA:	PROCESO DE FORMADO FRIO ( ) CALIENTE ( )	TIPO DE FORMADO: TROQUELADO ( ) SEGMENTADO ( ) CEJADO ( )	
No. DE COLADA:	No. DE PLANCHON:	RADIOGRAFIA: SI ( ) NO ( )	ULTRASONIDO: SI ( ) NO ( )

**DIMENSIONES SOLICITADAS**

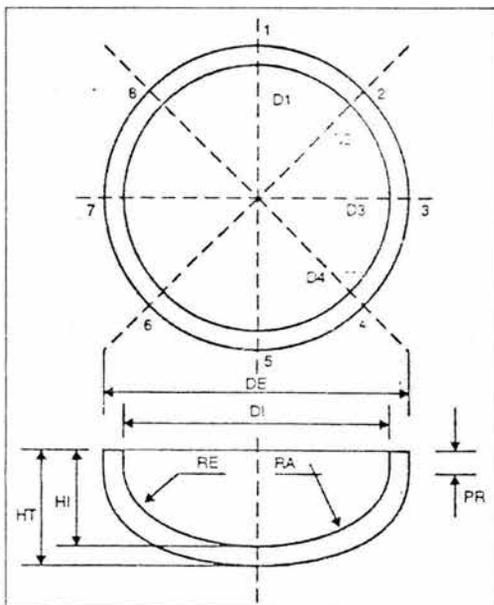
DIAMETRO EXTERIOR	DE =
DIAMETRO INTERIOR	DI =
RADIO DE ABOMBADO	RA =
RADIO DE ESQUINA	RE =
PARTE RECTA	PR =
ESPEJOR NOMINAL	EN =
ESPEJOR MINIMO	EM =
ALTURA INTERIOR	HI =
PERIMETRO ( DESARROLLO )	P =

**DIMENSIONES REALES**

	D1	D2	D3	D4
DE				
DI				
PR				
RA	RE	HI	HT	P

**VERIFICACION DE ESPESORES**

	1-5	2-6	3-7	4-8
LECTURAS	PR	RE	RA	
MINIMA				
MAXIMA				
PROMEDIO				



ESTAMPADO DE CODIGO:	ACEPTADA ( )
SI ( ) NO ( )	RECHAZADA ( )
INSPECCIONO:	APROBO:
FECHA:	FECHA:

OBSERVACIONES





REPORTE DE INSPECCIÓN DE  
PINTURA

TESIS PROFESIONAL

HOJA 1 DE 2

Fecha \_\_\_\_\_

Cliente \_\_\_\_\_

Orden de Taller \_\_\_\_\_

No. de Identificación del Recipiente \_\_\_\_\_

Modelo \_\_\_\_\_

Norma Aplicable \_\_\_\_\_

Limpieza \_\_\_\_\_

Primario \_\_\_\_\_

Color \_\_\_\_\_

Método de aplicación \_\_\_\_\_

Número de capas \_\_\_\_\_

Espesor requerido \_\_\_\_\_

Acabado \_\_\_\_\_

Color \_\_\_\_\_

Método de aplicación \_\_\_\_\_

Número de capas \_\_\_\_\_

Espesor requerido \_\_\_\_\_

Espesor total \_\_\_\_\_

Observaciones:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



REPORTE DE INSPECCIÓN DE  
PINTURA

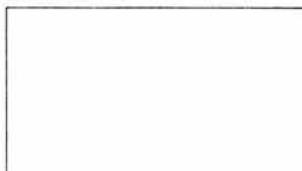
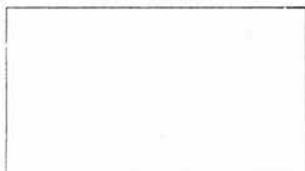
TESIS PROFESIONAL

HOJA 2 DE 2

Resultados obtenidos:

Lecturas de espesores	Zonas de toma de lecturas

Testigos de la Prueba de Adherencia



Resultados Obtenidos de la prueba de adherencia:

Aceptado \_\_\_\_\_

Rechazado \_\_\_\_\_

Observaciones:

---

---

Aprobado por: \_\_\_\_\_



REPORTE DE PRUEBA  
HIDROSTÁTICA

TESIS PROFESIONAL

HOJA 1 DE 1

Fecha \_\_\_\_\_  
Cliente \_\_\_\_\_  
Orden de Taller \_\_\_\_\_  
No. de Identificación del Recipiente \_\_\_\_\_  
Modelo \_\_\_\_\_  
Cantidad de equipos probados \_\_\_\_\_  
Presión de Diseño \_\_\_\_\_  
Presión de Operación \_\_\_\_\_  
Presión de Prueba Hidrostatica \_\_\_\_\_  
Rango de Manómetros \_\_\_\_\_ Identificación de Manómetros \_\_\_\_\_

**TIEMPO DE LA PRUEBA**

Elevación \_\_\_\_\_ Retención \_\_\_\_\_ Bajada \_\_\_\_\_

**PRUEBA ATESTIGUADA POR:**

Inspector Autorizado \_\_\_\_\_  
Representante de la Empresa \_\_\_\_\_  
Inspector del Cliente \_\_\_\_\_

**OBSERVACIONES**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**RESULTADO DE LA PRUEBA**

Aprobada \_\_\_\_\_ Rechazada \_\_\_\_\_

**FIRMA Y SELLOS**

\_\_\_\_\_  
Aseguramiento de Calidad

\_\_\_\_\_  
Inspector Autorizado

\_\_\_\_\_  
Supervisor de la Empresa

\_\_\_\_\_  
Cliente



**PLAN DE INSPECCIÓN**

TESIS PROFESIONAL

HOJA 2 DE 3

**INSPECCIÓN EN LA FABRICACIÓN**

Actividad	Control de Calidad	Inspector Autorizado	Cliente
Habilitado			
Biseles			
Formado / rolado			
Ensamble			
Geometría de biseles			
Material de aporte			
Aplicación y acabado de la soldadura			
Atestiguamiento del relevado de esfuerzos			

**ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS**

Actividad	Control de Calidad	Inspector Autorizado	Cliente
Radiografiado			
Ultrasonido			
Partículas magnéticas			
Líquidos penetrantes			
Prueba de dureza			

**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Registro de no conformidad	Descripción de la no conformidad	Control de Calidad	Inspector Autorizado	Cliente

**INSPECCIÓN FINAL**

Actividad	Control de Calidad	Inspector Autorizado	Cliente
Atestiguar prueba de presión			
Limpieza			
Aplicación de pintura			
Placa de identificación del código			
Placa de identificación cliente			
Embarque			



# FORMATOS DEL CÓDIGO ASME

TESIS PROFESIONAL

HOJA 1 DE 8

## FORM U-1 MANUFACTURER'S DATA REPORT FOR PRESSURE VESSELS As Required by the Provisions of the ASME Code Rules, Section VIII, Division 1

1. Manufactured and certified by \_\_\_\_\_ (Name and address of Manufacturer)  
 2. Manufactured for \_\_\_\_\_ (Name and address of Purchaser)  
 3. Location of installation \_\_\_\_\_ (Name and address)  
 4. Type \_\_\_\_\_ (Name, var. or apprais.) \_\_\_\_\_ (Last separator (if vessel) heat exch. etc.) \_\_\_\_\_ (Mfg. serial No.)  
 (CRN) \_\_\_\_\_ (Drawing No.) \_\_\_\_\_ (Serial ID No.) \_\_\_\_\_ (Vessel No.)  
 5. ASME Code, Section VIII, Div. 1 \_\_\_\_\_ (Edition and Addenda class) \_\_\_\_\_ (Code Case No.) \_\_\_\_\_ (Special Service per U-1, U-2, U-3)

Items 6-11 incl. to be completed for single wall vessels, jackets of jacketed vessels, shell of heat exchangers, or chamber of multichamber vessels.  
 6. Shell: (a) No. of courses: \_\_\_\_\_ (b) Overall length (ft. & in.): \_\_\_\_\_

No.	Courses		Material		Thickness		Long Joint (Cat. A)			Circum. Joint (Cat. A, B & C)			Heat Treatment				
	Diameter, in.	Length (ft. & in.)	Spec./Grade or Type	Norm.	Corr.	Type	Felt.	Spot	None	Eff.	Type	Full	Spot	None	Eff.	Temp.	Time

7. Heads: (a) \_\_\_\_\_ (Mat./Spec. No./Grade or Type (if)) \_\_\_\_\_ (Time & Temp.) (b) \_\_\_\_\_ (Mat./Spec. No./Grade or Type (if)) \_\_\_\_\_ (Time & Temp.)

Location (Top/Bottom/Ends)	Thickness		Radius		Elliptical Ratio	Conical Apex Angle	Hemispherical Radius	Flat Diameter	Side to Pressure		Category A						
	Min.	Corr.	Crown	Knuckle					Convex	Concave	Type	Full	Spot	None	Eff.		
(a)																	
(b)																	

If removable: bolts used (describe other fastenings): \_\_\_\_\_ (Mat./Spec. No./Grade and Temp.)

8. Type of jacket \_\_\_\_\_ Jacket closure \_\_\_\_\_ (Electric, magnetic & weld bar etc.)  
 If bar give dimensions: \_\_\_\_\_ If bolted, describe or sketch.

9. MAWP: \_\_\_\_\_ (normal) \_\_\_\_\_ (additional) \_\_\_\_\_ (per at max. temp. \_\_\_\_\_ (normal) \_\_\_\_\_ (additional) \_\_\_\_\_ (at \_\_\_\_\_ °F. Min. design metal temp. \_\_\_\_\_ °F. at \_\_\_\_\_ psi)

10. Impact test \_\_\_\_\_ (Indicate year or year and the temperature of impact test) \_\_\_\_\_ at test temperature of \_\_\_\_\_ °F.

11. Hydro., pneu., or combi. test press. \_\_\_\_\_ Proof test \_\_\_\_\_

Items 12 and 13 to be completed for tube sections.

12. Tubesheet: \_\_\_\_\_ (Stationary (Mat./Spec. No.)) \_\_\_\_\_ (dia. in. subject to press.) \_\_\_\_\_ (diam. (ft. & in.)) \_\_\_\_\_ (height (ft. & in.)) \_\_\_\_\_ (Attachment (sketch or bolted))  
 \_\_\_\_\_ (Flaring (Mat./Spec. No.)) \_\_\_\_\_ (dia. in.) \_\_\_\_\_ (from this in.) \_\_\_\_\_ (corr. (ft. & in.)) \_\_\_\_\_ (Attachment)

13. Tubes: \_\_\_\_\_ (Mat./Spec. No./Grade or Type) \_\_\_\_\_ (OD in.) \_\_\_\_\_ (from this in. or gauge) \_\_\_\_\_ (Number) \_\_\_\_\_ (Type (drawn or U))

Items 14-16 incl. to be completed for inner chambers of jacketed vessels or channels of heat exchangers.

14. Shell: (a) No. of courses: \_\_\_\_\_ (b) Overall length (ft. & in.): \_\_\_\_\_

No.	Courses		Material		Thickness		Long Joint (Cat. A)			Circum. Joint (Cat. A, B & C)			Heat Treatment				
	Diameter, in.	Length (ft. & in.)	Spec./Grade or Type	Norm.	Corr.	Type	Full	Spot	None	Eff.	Type	Full	Spot	None	Eff.	Temp.	Time

15. Heads: (a) \_\_\_\_\_ (Mat./Spec. No./Grade or Type (if)) \_\_\_\_\_ (Time & Temp.) (b) \_\_\_\_\_ (Mat./Spec. No./Grade or Type (if)) \_\_\_\_\_ (Time & Temp.)

Location (Top/Bottom/Ends)	Thickness		Radius		Elliptical Ratio	Conical Apex Angle	Hemispherical Radius	Flat Diameter	Side to Pressure		Category A						
	Min.	Corr.	Crown	Knuckle					Convex	Concave	Type	Full	Spot	None	Eff.		
(a)																	
(b)																	

If removable: bolts used (describe other fastenings): \_\_\_\_\_ (Mat./Spec. No./Grade and Temp.)

U-100- This form (E00100) may be obtained from the Order Dept., ASME, 22 Law Drive, Box 2900, Fairfield, NJ 07007-2900.





## FORMATOS DEL CÓDIGO ASME

TESIS PROFESIONAL

HOJA 2 DE 8

### FORM U-1 (Back)

16. MAWP \_\_\_\_\_ psi at max. temp. \_\_\_\_\_ °F. Min. design metal temp. \_\_\_\_\_ °F at \_\_\_\_\_ psi.

(Internal) (External) (Internal) (External)

17. Impact test \_\_\_\_\_ at test temperature of \_\_\_\_\_ °F.

(Indicate yes or no and the temperature; impact tested.)

18. Hydro, pneu., or comb. test press. \_\_\_\_\_ Proof test \_\_\_\_\_

19. Nozzles, inspection, and safety valve openings \_\_\_\_\_

Purpose (Inlet, Outlet, Drain, etc.)	No.	Diameter or Size	Flange Type	Material		Nozzle Thickness		Reinforcement Material	How Attached		Location (Insp. Open)
				Nozzle	Flange	Nom.	Corr.		Nozzle	Flange	

20. Supports: Skirt \_\_\_\_\_ Lugs \_\_\_\_\_ Legs \_\_\_\_\_ Others \_\_\_\_\_ Attached \_\_\_\_\_

(Yes or no) (No.) (No.) (Describe) (Where and how)

21. Manufacturer's Partial Data Reports properly identified and signed by Commissioned Inspectors have been furnished for the following items of the report. (List the name of part, item number, mfgs. name and identifying number)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

22. Remarks: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### CERTIFICATE OF SHOP COMPLIANCE

We certify that the statements in this report are correct and that all details of design, material, construction, and workmanship of this vessel conform to the ASME Code for Pressure Vessels, Section VIII, Division 1.

U Certificate of Authorization No. \_\_\_\_\_ Expires \_\_\_\_\_

Date \_\_\_\_\_ Name \_\_\_\_\_  
(Manufacturer) (Representative)

#### CERTIFICATE OF SHOP INSPECTION

I, the undersigned, holding a valid commission issued by the National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors and/or the State or Province of \_\_\_\_\_ and employed by \_\_\_\_\_ of \_\_\_\_\_

have inspected the pressure vessel described in this Manufacturer's Data Report on \_\_\_\_\_ and state that, to the best of my knowledge and belief, the Manufacturer has constructed this pressure vessel in accordance with ASME Code, Section VIII, Division 1. By signing this certificate neither the Inspector nor his employer makes any warranty, expressed or implied, concerning the pressure vessel described in this Manufacturer's Data Report. Furthermore, neither the Inspector nor his employer shall be liable in any manner for any personal injury or property damage or a loss of any kind arising from or connected with this inspection.

Date \_\_\_\_\_ Signed \_\_\_\_\_  
(Authorized Inspector) (NBP Board and endorsement: State, Province, and No.)

#### CERTIFICATE OF FIELD ASSEMBLY COMPLIANCE

We certify that the statements on this report are correct and that the field assembly construction of all parts of this vessel conforms with the requirements of ASME Code, Section VIII, Division 1. U Certificate of Authorization No. \_\_\_\_\_ Expires \_\_\_\_\_

Date \_\_\_\_\_ Name \_\_\_\_\_  
(Inspector) (Representative)

#### CERTIFICATE OF FIELD ASSEMBLY INSPECTION

I, the undersigned, holding a valid commission issued by the National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors and/or the State or Province of \_\_\_\_\_ and employed by \_\_\_\_\_

of \_\_\_\_\_ have compared the statements in this Manufacturer's Data Report with the described pressure vessel and state that parts referred to as data items \_\_\_\_\_, not included in the certificate of shop inspection, have been inspected by me and to the best of my knowledge and belief, the Manufacturer has constructed and assembled this pressure vessel in accordance with the ASME Code, Section VIII, Division 1. The described vessel was inspected and subjected to a hydrostatic test of \_\_\_\_\_ psi. By signing this certificate neither the Inspector nor his employer makes any warranty, expressed or implied, concerning the pressure vessel described in this Manufacturer's Data Report. Furthermore, neither the Inspector nor his employer shall be liable in any manner for any personal injury or property damage or a loss of any kind arising from or connected with this inspection.

Date \_\_\_\_\_ Signed \_\_\_\_\_  
(Authorized Inspector) (NBP Board and endorsement: State, Province, and No.)



# FORMATOS DEL CÓDIGO ASME

TESIS PROFESIONAL

HOJA 3 DE 8

## FORM U-1A MANUFACTURER'S DATA REPORT FOR PRESSURE VESSELS (Alternative Form for Single Chamber, Completely Shop or Field Fabricated Vessels Only) As Required by the Provisions of the ASME Code Rules, Section VIII, Division 1

1. Manufactured and certified by \_\_\_\_\_ (Name and address of manufacturer)

2. Manufactured for \_\_\_\_\_ (Name and address of purchaser)

3. Location of installation \_\_\_\_\_ (Name and address)

4. Type \_\_\_\_\_ (Name of vessel, tank, etc.) \_\_\_\_\_ (ASME Section No.) \_\_\_\_\_ (CRN) \_\_\_\_\_ (Drawing No.) \_\_\_\_\_ (Heat ID No.) \_\_\_\_\_ (Year built)

5. The chemical and physical properties of all parts meet the requirements of material specifications of the ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE. The design, construction, and workmanship conform to ASME Rules, Section VIII, Division 1 \_\_\_\_\_ Year \_\_\_\_\_  
to \_\_\_\_\_ (Access Date) \_\_\_\_\_ (Code Case No.) \_\_\_\_\_ (Special Service per UG-120(d))

6. Shell: \_\_\_\_\_ (Mat. (Spec. No., Grade)) \_\_\_\_\_ (Nom. Thk. (in.)) \_\_\_\_\_ (Corr. Allow. (in.)) \_\_\_\_\_ (Date TD (th & m.)) \_\_\_\_\_ (Length (overall) (ft. & in.))

7. Seams: \_\_\_\_\_ (Long. (Welded (D), Singl. Lap, But. RT (Spot or full)) \_\_\_\_\_ (HT (psi)) \_\_\_\_\_ (HT temp. (°F)) \_\_\_\_\_ (Time (hr)) \_\_\_\_\_ (Grd. (Welded (D), Singl. Lap, But. RT (Spot or full)) \_\_\_\_\_ (Spec. (Nominal or Full)) \_\_\_\_\_ (No. of Courses or Full))

8. Heads: (a) Matl \_\_\_\_\_ (Spec. No., Grade) (b) Matl \_\_\_\_\_ (Spec. No., Grade)

	Location (Top, Bottom, Ends)	Minimum Thickness	Corrosion Allowance	Crown Radius	Knuckle Radius	Elliptical Ratio	Circular Apex Angle	Hemispherical Radius	Flat Diameter	Side to Pressure (Convex or Concave)
(a)										
(b)										

If removable bolts used (describe other fastenings) \_\_\_\_\_ (Matl, Spec. No., or Size No.)

9. MAWP \_\_\_\_\_ psi at max. temp. \_\_\_\_\_ °F  
Min. design metal temp. \_\_\_\_\_ °F at \_\_\_\_\_ psi. Hydro., pneu., or comb. test pressure \_\_\_\_\_ psi.

10. Nozzles, inspection and safety valve openings:

Purpose (Inlet, Outlet, Drain)	No.	Diam. or Size	Type	Matl	Nom. Thk.	Reinforcement Matl	How Attached	Location

11. Supports: Skirt \_\_\_\_\_ (Yes or no) Lugs \_\_\_\_\_ (No.) Legs \_\_\_\_\_ (No.) Other \_\_\_\_\_ (Describe) Attached \_\_\_\_\_ (Where and how)

12. Remarks: Manufacturer's Partial Data Reports properly identified and signed by Commissioned Inspectors have been furnished for the following items of the report \_\_\_\_\_ (Name of part, item number, title, name and identifying stamp)

**CERTIFICATE OF SHOP/FIELD COMPLIANCE**

We certify that the statements made in this report are correct and that all details of design, material, construction and workmanship of this vessel conform to the ASME Code for Pressure Vessels, Section VIII, Division 1. "U" Certificate of Authorization No. \_\_\_\_\_ expires \_\_\_\_\_  
Date \_\_\_\_\_ Co. name \_\_\_\_\_ (Manufacturer) Signed \_\_\_\_\_ (Representative)

**CERTIFICATE OF SHOP/FIELD INSPECTION**

Vessel constructed by \_\_\_\_\_ at \_\_\_\_\_  
I, the undersigned, holding a valid commission issued by the National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors and/or the State or Province of \_\_\_\_\_ and employed by \_\_\_\_\_  
have inspected the component described in this Manufacturer's Data Report on \_\_\_\_\_ and state that to the best of my knowledge and belief, the Manufacturer has constructed this pressure vessel in accordance with ASME Code, Section VIII, Division 1. By signing this certificate neither the Inspector nor his employer makes any warranty, expressed or implied, concerning the pressure vessel described in this Manufacturer's Data Report. Furthermore, neither the Inspector nor his employer shall be liable in any manner for any personal injury or property damage or a loss of any kind arising from or connected with this inspection.  
Date \_\_\_\_\_ Signed \_\_\_\_\_ (Inspector) Commissions \_\_\_\_\_ (National Board and endorsements: State, Provincial and No.)

(1991) This form (E06117) may be obtained from the ASME Order Dept., 22 Law Drive, Box 2300, Fairfield, NJ 07007-2300



E06117



# FORMATOS DEL CÓDIGO ASME

TESIS PROFESIONAL

HOJA 4 DE 8

## FORM U-2 MANUFACTURER'S PARTIAL DATA REPORT A Part of a Pressure Vessel Fabricated by One Manufacturer for Another Manufacturer As Required by the Provisions of the ASME Code Rules, Section VIII, Division 1

1. Manufactured and certified by \_\_\_\_\_ (Name and address of Manufacturer)
2. Manufactured for \_\_\_\_\_ (Name and address of Purchaser)
3. Location of installation \_\_\_\_\_ (Name and address)
4. Type \_\_\_\_\_ (Description of vessel part (shell, two-piece head, tube, duct)) (Mfg's serial No.) (CRN)
- \_\_\_\_\_ (Mfg's Bd. No.) (Drawing No.) (Drawing prepared by) (Year built)
5. ASME Code, Section VIII, Div. 1 \_\_\_\_\_ (Edition and Addenda dates) (Code Case No.) (Special Service per UG-110(d))

Items 6-11 incl. to be completed for single wall vessels, jackets of jacketed vessels, shell of heat exchangers, or chamber of multichamber vessels.

6. Shell: (a) No. of courses: \_\_\_\_\_ (b) Overall length (ft & in.): \_\_\_\_\_

No.	Courses		Material		Thickness		Long Joint (Cat. A)				Circum. Joint (Cat. A, E & C)				Heat Treatment		
	Diameter, in.	Length (ft & in.)	Spec./Grade or Type	Nom.	Corr.	Type	Full	Spot	None	Eff.	Type	Full	Spot	None	Eff.	Temp.	Time

7. Heads: (a) \_\_\_\_\_ (Mfg's Spec. No., Grade or Type, H.T., Time & Temp.) (b) \_\_\_\_\_ (Mfg's Spec. No., Grade or Type, H.T., Time & Temp.)

Location (Top, Bottom, Ends)	Thickness		Radius		Elliptical Ratio	Conical Apex Angle	Hemispherical Radius	Flat Diameter	Side to Pressure		Category A					
	Min.	Corr.	Crown	Knuckle					Convex	Concave	Type	Full	Spot	None	Eff.	
(a)																
(b)																

If removable bolts used (describe other fastening) \_\_\_\_\_ (Mfg's Spec. No., Grade, Size No.)

8. Type of jacket \_\_\_\_\_ Jacket closure \_\_\_\_\_ (Describe as open & weld, bolt, etc.)

If bar, give dimensions \_\_\_\_\_ If bolted describe or sketch \_\_\_\_\_

9. MAWP: (internal) \_\_\_\_\_ (external) \_\_\_\_\_ psi at max. temp. \_\_\_\_\_ (internal) \_\_\_\_\_ (external) \_\_\_\_\_ °F. Min. design metal temp. \_\_\_\_\_ °F at \_\_\_\_\_ psi.

10. Impact test \_\_\_\_\_ (Indicate psi or hr and the components: impact vessel) \_\_\_\_\_ at test temperature of \_\_\_\_\_ °F.

11. Hydro., pneu., or comb. test press. \_\_\_\_\_ Proof test \_\_\_\_\_

Items 12 and 13 to be completed for tube sections:

12. Tubesheet: (Station or Mfg's Spec. No.) \_\_\_\_\_ (Dia. in. subject to press.) \_\_\_\_\_ (from thk. in.) \_\_\_\_\_ (Corr. Allow. in.) \_\_\_\_\_ (Attachment: welded or bolted)
- \_\_\_\_\_ (flange) (Mfg's Spec. No.) \_\_\_\_\_ (dia. in.) \_\_\_\_\_ (from thk. in.) \_\_\_\_\_ (Corr. Allow. in.) \_\_\_\_\_ (Attachment)
13. Tubes: (Mfg's Spec. No., Grade or Type) \_\_\_\_\_ (O.D. in.) \_\_\_\_\_ (from thk. in. or gauge) \_\_\_\_\_ (Number) \_\_\_\_\_ (Type: straight or U)

Items 14-16 incl. to be completed for inner chambers of jacketed vessels or channels of heat exchangers.

14. Shell: (a) No. of courses: \_\_\_\_\_ (b) Overall length (ft & in.): \_\_\_\_\_

No.	Courses		Material		Thickness		Long Joint (Cat. A)				Circum. Joint (Cat. A, B & C)				Heat Treatment		
	Diameter, in.	Length (ft & in.)	Spec./Grade or Type	Nom.	Corr.	Type	Full	Spot	None	Eff.	Type	Full	Spot	None	Eff.	Temp.	Time

1700 This form (E00110) may be obtained from the Order Dept., ASME, 22 Law Drive, Box 2300, Fairfield, NJ 07007-2300.



E00110





# FORMATOS DEL CÓDIGO ASME

TESIS PROFESIONAL

HOJA 6 DE 8

## FORM U-2A MANUFACTURER'S PARTIAL DATA REPORT (ALTERNATIVE FORM) A Part of a Pressure Vessel Fabricated by One Manufacturer for Another Manufacturer As Required by the Provisions of the ASME Code Rules, Section VIII, Division 1

1. Manufactured and certified by \_\_\_\_\_ (Name and address of Manufacturer)  
 2. Manufactured for \_\_\_\_\_ (Name and address of Purchaser)  
 3. Location of installation \_\_\_\_\_ (Name and address)  
 4. Type \_\_\_\_\_ (Description of vessel part (shell, two-piece head, etc.); Bundles) (Mfg. and No.) (URR)  
 (Nat'l. Id. No.) (Drawing No.) (Drawing prepared by) (Year built)  
 5. ASME Code, Section VIII, Div. 1 \_\_\_\_\_ (Edition and Addenda (date)) (Code Case No.) (Special Service per UG-130(d))

6. Shell (a) No. of courses: \_\_\_\_\_ (b) Overall length (ft. & in.): \_\_\_\_\_

No.	Courses		Material		Thickness		Long Joint (Cat. A)			Circum. Joint (Cat. A, B & C)			Heat Treatment				
	Diameter, in.	Length (ft. & in.)	Spec./Grade or Type	Norm.	Corr.	Type	Full	Spot	None	Eff.	Type	Full	Spot	None	Eff.	Temp.	Time

7. Heads: (a) \_\_\_\_\_ (b) \_\_\_\_\_

Location (Top, Bottom, Ends)	Thickness		Radius		Elliptical Ratio		Conical Apex Angle		Hemispherical Radius		Flat Diameter		Side to Pressure		Category A					
	Min.	Corr.	Crown	Knuckle									Convex	Concave	Type	Full	Spot	None	Eff.	
(a)																				
(b)																				

If removable, bolts used (describe other fastening): \_\_\_\_\_ (Mfg. Spec. No., Grade, Size, No.)

8. MAWP (internal) (external) psi at max. temp. \_\_\_\_\_ (internal) (external) \*F. Min. design metal temp. \_\_\_\_\_ \*F. at \_\_\_\_\_ psi.

9. Impact test \_\_\_\_\_ at test temperature of \_\_\_\_\_ \*F. (Indicate yes or no to the circumstances impact tested)

10. Hydro., pneum., or comb. test press. \_\_\_\_\_ Proof test \_\_\_\_\_

11. Nozzles, inspection, and safety valve openings:

Purpose (Inlet, Outlet, Drain, etc.)	No.	Diameter of Size	Flange Type	Material		Nozzle Thickness		Reinforcement Material	How Attached		Location (Insp. Open.)
				Nozzle	Flange	Non	Corr.		Nozzle	Flange	

12. Supports Skirt (Yes or no) \_\_\_\_\_ Lugs (No) \_\_\_\_\_ Legs \_\_\_\_\_ Others \_\_\_\_\_ Attached \_\_\_\_\_ (Where and how)

13. Remarks \_\_\_\_\_

**CERTIFICATE OF SHOP/FIELD COMPLIANCE**

We certify that the statements made in this report are correct and that all details of material, construction, and workmanship of this pressure vessel part conform to the ASME Code for Pressure Vessels, Section VIII, Division 1.

I, Certificate of Authorization No. \_\_\_\_\_ Expires \_\_\_\_\_

Date \_\_\_\_\_ Name \_\_\_\_\_ (Manufacturer) Signed \_\_\_\_\_ (Representative)

**CERTIFICATE OF SHOP/FIELD INSPECTION**

I, the undersigned, holding a valid commission issued by the National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors and/or the State or Province of \_\_\_\_\_ and employed by \_\_\_\_\_ of \_\_\_\_\_

have inspected the pressure vessel part described in this Manufacturer's Data Report on \_\_\_\_\_ and state that, to the best of my knowledge and belief, the Manufacturer has constructed this pressure vessel part in accordance with ASME Code Section VIII, Division 1. By signing this certificate neither the Inspector nor his employer makes any warranty, expressed or implied, concerning the pressure vessel part described in this Manufacturer's Data Report. Furthermore, neither the Inspector nor his employer shall be liable in any manner for any personal injury or property damage or a loss of any kind arising from or connected with this inspection.

Date \_\_\_\_\_ Signed \_\_\_\_\_ (Authorized Inspector) Commissions \_\_\_\_\_ (Nat'l. Board and/or State, Province and No.)

(700) This form (E00121) may be obtained from the Order Dept., ASME, 22 Law Drive, Box 2900, Fairfield, NJ 07007-2900.





# FORMATOS DEL CÓDIGO ASME

TESIS PROFESIONAL

HOJA 7 DE 8

## FORM U-3 MANUFACTURER'S CERTIFICATE OF COMPLIANCE COVERING PRESSURE VESSELS TO BE STAMPED WITH THE UM SYMBOL, SEE U-1(j) As Required by the Provisions of the ASME Code Rules, Section VIII, Division 1

1. Manufactured and certified by \_\_\_\_\_ (Name and address of Manufacturer)  
 2. Manufactured for \_\_\_\_\_ (Name and address of Purchaser)  
 3. Location of installation \_\_\_\_\_ (Name and address)  
 4. Type: \_\_\_\_\_ (Thin, thin or spherical) \_\_\_\_\_ (Thin, separate, etc.) \_\_\_\_\_ (Cylindrical) \_\_\_\_\_ (Miscellaneous)

5. ASME Code, Section VIII, Div. 1 \_\_\_\_\_ (Edition and Addenda dates) \_\_\_\_\_ (Code Case No.)  
 6. Shell: (a) No. of courses: \_\_\_\_\_ (b) Overall length (ft & in.): \_\_\_\_\_

No.	Course:		Material:		Thickness:			Long. Joint (Cat. A):			Circum. Joint (Cat. A, B, & C):			Heat treatment:				
	Diameter, in.	Length (ft & in.)	Spec. Grade:	Type:	Nom.	Corr.	Type:	Full	Spot	None	ET	Type:	Full	Spot	None	ET	Temp.	Time

7. Heads: (a) \_\_\_\_\_ (b) \_\_\_\_\_  
 (Material Spec. No., Grade or Type, etc. — Temp. & Temp.)  

Location (Top, Bottom, End)	Thickness		Radius		Elliptical Ratio	Conical Apex Angle	Hemispherical Radius	Flare Diameter	Shape		Category A							
	Min.	Corr.	Crown	Knuckle					Convex	Concave	Type	Full	Spot	None	ET			

If removable, bolts used (describe other fastening): \_\_\_\_\_ (Material Spec. No., Grade, Size No.)  
 8. Type of jacket: \_\_\_\_\_ Jacket closure: \_\_\_\_\_ (Describe as open & weld bar, etc.)  
 If bar, give dimensions: if bolted describe or sketch: \_\_\_\_\_

9. MAWP: Internal \_\_\_\_\_ External \_\_\_\_\_ psi at max. temp. \_\_\_\_\_ Internal \_\_\_\_\_ External \_\_\_\_\_ F. Min. design metal temp. \_\_\_\_\_ F. at \_\_\_\_\_ psi.

10. Impact test: \_\_\_\_\_ all test temperature of \_\_\_\_\_ °F. (Indicate yes or no and the temperatures impacted.)

11. Hydro., pres., or comb. test press. \_\_\_\_\_ Proof test \_\_\_\_\_

12. Nozzles, inspection, and safety valve openings:

Purpose (Drain, Outlet, Jeop., etc.)	No.	Diameter or Size	Flange Type	Material		Nozzle Thickness		Height or Length	How Attached		Location (Insp., Oper.)
				Nozzle	Flange	Nom.	Corr.		Nozzle	Flange	

13. Supports: Skirt \_\_\_\_\_ (Yes or no) \_\_\_\_\_ (Yes) \_\_\_\_\_ (No) \_\_\_\_\_ (Others) \_\_\_\_\_ (Describe) \_\_\_\_\_ (Attached) \_\_\_\_\_ (Where and how)

14. Manufacturer's Partial Data Reports properly identified and signed by Commissioned Inspectors have been furnished for the following items of the report: (List the name of part, item number, mfg's. name and identifying number)

15. Remarks: \_\_\_\_\_

**CERTIFICATE OF SHOP COMPLIANCE**

We certify that the statements made in this report are correct and that all details of design, material, construction, and workmanship of this vessel conform to the ASME Code for Pressure Vessels, Section VIII, Division 1.  
 UM Certificate of Authorization No. \_\_\_\_\_ Expires \_\_\_\_\_

Date \_\_\_\_\_ Name \_\_\_\_\_ Manufacturer \_\_\_\_\_ Signed \_\_\_\_\_ Representative \_\_\_\_\_

Signed \_\_\_\_\_ (Certified Individual)

1753





## 6.6 Conclusiones del Caso Práctico.

1. Al revisar y comparar el dibujo y la memoria de cálculo, entregadas por el usuario, se detecto que ambos documentos no son congruentes. Como se podrá apreciar, el diseñador, omitió:

- el cálculo de las orejas de izaje, mostradas en el dibujo, que son un elemento esencial que debe soportar el peso del recipiente al momento de ejecutar las maniobras para su izaje y montaje.
- el cálculo del soporte (pescante) de la brida ciega, de la boquilla M entrada-hombre, dispositivo que es fundamental para facilitar las labores de inspección y mantenimiento del interior del recipiente.
- el cálculo del diámetro de las anclas de cimentación que van a evitar que la fuerza del viento derribe el recipiente o que éste caiga por su propio peso.
- indicar la posición (orientación) de los soportes

2. Asimismo se deberá solicitar al diseñador aclarar donde se va a colocar la válvula de seguridad y / o alivio ya que en el dibujo y la memoria de cálculo no se hace referencia a la boquilla o al accesorio donde se va a ensamblar este dispositivo

3. El dibujo no indica los ángulos a los que se debe hacer el corte de la placa y conexiones para formar los biseles, los cuales están indicados en la memoria de cálculo. Información que es indispensable para que los trabajadores habiliten el material acorde con los requerimientos del Código y se apliquen cordones de soldadura con penetración completa.

4. Es básico que la inspección de los cordones de soldadura deberán cumplir con las dimensiones y geometría indicadas en el dibujo, tener buena apariencia y verificar por medios documentales que se aplico y cumple con los parámetros indicados en el formato del punto 6.4.1. y 6.4.2. Además se verificara que la persona que aplico la soldadura u opero la máquina de soldar sea el registrado en el formato del punto 6.4.3.

5. También se deberá constatar, con un medidor digital de espesores, que el radio de abombado y de nudillos, de las tapas, cumplan con el espesor mínimo después del formado. Solicitando además, al fabricante, el reporte respectivo, mencionado en el punto 6.4.5. En el caso de que las tapas sean fabricadas con dos secciones de placa, es indispensable que el fabricante haya efectuado un END de radiografía ó ultrasonido, al concluir el proceso de formado, para certificar la sanidad de la soldadura y documentar el resultado en los formatos de los puntos 6.4.5 y 6.4.6

6. La prueba hidrostática únicamente se deberá atestiguar si el fabricante determina con una base técnica las discrepancias puntualizadas en los puntos 1 y 2: si comprueba con evidencias documentales que los biseles cumplen con lo indicado en la memoria de cálculo.

## CONCLUSIONES

La situación actual que presenta la industria metalmecánica, en la República Mexicana, en la fabricación de Recipientes a Presión, para la reconversión de plantas industriales y la construcción de nuevos complejos de la iniciativa privada y del sector público, es la falta de recursos humanos calificados en el área de calidad. Lo cual se manifiesta cuando el cliente solicita, por medio de la inspección con personal propio o de una tercera, la certificación de que su adquisición cumpla con requerimientos específicos de calidad, los cuales en algunas ocasiones son desconocidos incluso por el mismo fabricante; siendo en este punto donde se hace evidente la importancia de ejecutar las actividades de inspección plasmadas en el Código ASME.

Sin embargo, Dentro de la práctica profesional, es lamentable que las actividades y funciones, que ejecuta el Inspector, en general son desconocidas por el personal directivo de los proyectos, de la mayoría de las empresas constructoras de plantas industriales. En el supuesto caso de que conozcan los alcances del trabajo del Inspector en muchas ocasiones prescinden de sus servicios, argumentando que su costo económico para un proyecto es alto; en consecuencia sus conocimientos y experiencia no son aprovechados, y fincan sus ordenes de compra de recipientes bajo la premisa de que el fabricante es experto en esta materia y que su trabajo no presentara deficiencias.

Siendo la realidad, que al omitirse la inspección, la mayoría de las veces se detectan, por parte del personal de calidad del cliente, deficiencias en el ó los recipientes que pueden ser: no relevantes para el buen funcionamiento del equipo, hasta las que requieran retrabajos para corregir discontinuidades que pongan en riesgo la seguridad del personal, las instalaciones en el momento de su funcionamiento y la reducción de la vida útil del recipiente.

En la industria mexicana es mínimo el número de compañías que solicitan los servicios de inspección para los equipos que adquieren, o que tienen un departamento de inspección con personal capacitado para llevar a cabo estas actividades.

Para llevar a cabo una buena inspección de recipientes a presión, se considera esencial que el personal que desarrolla estos trabajos, tenga:

- El grado académico de licenciatura en alguna rama de Ingeniería.
- conocimientos básicos de Normativa, Aseguramiento de Calidad y Ensayos No Destructivos.
- a su disposición los recursos documentales, como son Códigos, Normas, Especificaciones del Cliente, etc
- experiencia y habilidad en el manejo de situaciones conflictivas.

Como resultado se tendrá un equipo que presente deficiencias no relevantes, obteniéndose los siguientes beneficios:

- El fabricante, por lo general, adquiere prestigio como proveedor confiable y logra la utilidad programada que persigue como negocio.

- El cliente no tendrá que hacer retrabajos en la obra con los consecuentes costos económicos, se evitara atrasos en la entrega del equipo, en su montaje y en las pruebas de arranque de la planta.

## **Bibliografía.**

Administración y Control de la Calidad  
James R. Evans, William M. Lindsay  
1995, Grupo Editorial Iberoamericano S.A. de C.V.

Análisis y Planeación de la Calidad  
J.M. Juran y F.M. Gryna  
1995, Mc Graw-Hill

ASTM Designation: E-527-83 (Reapproved 1991)  
Standart Practice for Numbering Metals and Alloys (UNS)  
American Society for Testing Materials

ASME Code  
Section V  
Nondestructive Test  
2001 Edition

ASME Code  
Section VIII Div. 1  
Rules for Construction of Pressure Vessel  
2001 Edition

ASME Code  
Sección IX  
Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welder, Brazers, and  
Welding and Brazing Operators  
2001 Edition

Control de Calidad  
Dale H. Besterfield  
1995, Prentice Hall Hispano Americana S.A.

Control de Calidad  
Richard C. Vaughn  
1982, Editorial Limusa

Diario Oficial de la Federación  
Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos  
Tomo DXXVI No. 14  
Secretaría del Trabajo y Previsión Social; páginas de la 34 a la 47  
México, D. F., viernes 18 de julio de 1997.

Fundamentos de Diseño Mecánico  
Tomo 3 Corrosión y Desgaste  
E. Shigley Joseph, R. Mischke Charles  
1988, Mc. Graw Hill / Interamericana de México.

Introducción al Control de la Calidad  
Kaoru, Ishikawa  
1994, Ediciones Díaz de Santos S.A.

Introducción a la Metalurgia Física  
H. Avner Sudney  
1991, Mc. Graw Hill / Interamericana de México

Metallic Materials Specifications Handbook  
B. Ross Roberts  
1992, Chapman and Hall

Manual de Construcción en Acero Voi. 2  
Instituto Mexicano de la Construcción en Acero A. C.  
1993, Ed. Limusa / Noriega Editores.

Manual de Recipientes a Presión  
Diseño y Cálculo  
Eugene F. Megyesy  
1992, Ed. Limusa

Metalurgia Física  
Chalmers Bruce  
1968, Aguilar S.A. de Ediciones

Norma Oficial Mexicana de Sistemas de Calidad  
NOM- CC-1990  
Sistemas de calidad - Vocabulario

Physical Metallurgy for Engineers  
S. Clark Donal and R. Varney Wilbur  
1952, D. Van Nostrand Company Inc.

Pressure Vessel  
Design, Operation, Maintenance  
K. P. Singh  
July 1990, Chemical Engineering Magazine

Recommended Practice No. SNT-TC-1A  
Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing  
1992, American Society for Nondestructive Testing

Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association  
1988, Seventh Edition.

Steel Products Manual  
Carbon Steel Strip  
June 1971, American Iron Steel Institute.

Welding Handbook  
Section IV Metals and Their Weldability  
1972, American Welding Society.