

INTRODUCCIÓN

El hombre ha ido adquiriendo y mejorando el legado de sus antecesores, perfeccionando sus técnicas, y acrecentando así cada vez más su demanda por conseguir una mejor calidad de vida. Fue así, como surgieron los tubos, quienes, organizados en sistemas, perduran en el tiempo como el medio de transporte de fluidos.

En nuestro trabajo nos hemos propuesto adquirir conocimientos descriptivos de los sistemas de tuberías, así como también, de los accesorios que lo conforman.

La elección de una tubería es una actividad muy compleja que depende de los materiales de construcción, espesor de la pared del tubo, cargas y tipo de instalación.

El diseño de una tubería se basa en ciertas normas de diseños estandarizadas, investigadores, ingenieros de proyectos e ingenieros de campo en áreas de aplicación específicas

Las discrepancias de estas normas se relacionan con las condiciones de diseño, el cálculo de los esfuerzos y los factores admisibles. Es importante destacar también, los principios fundamentales del mantenimiento de tuberías, punto más importante a tener en cuenta en cualquier proceso industrial

CONCEPTOS PREVIOS

ACEROS

Los aceros son aleaciones de hierro carbono, aptas para ser deformadas en frío y en caliente.

Generalmente el porcentaje de carbono no excede de 1,76%.

El acero se obtiene sometiendo el arrabio a un proceso de descarburación y eliminación de impurezas llamado afinado (oxidación del elemento carbono)

Atendiendo al porcentaje de carbono, los aceros se clasifican en:

- Aceros hipoeutectoides, si su porcentaje de carbono es inferior al 0,89%.
- Aceros hipereutectoides, si su porcentaje de carbono es superior al porcentaje anterior.

Desde el punto de vista de su composición, los aceros se pueden clasificar en dos grandes grupos:

1. **Aceros al carbono:** formados principalmente por hierro y carbono. Más del 90% de todos los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre.
2. **Aceros aleados:** Contienen, además del carbono otros elementos en cantidades suficientes como para alterar sus propiedades (dureza, puntos críticos, tamaño del grano, templabilidad, resistencia a la corrosión. Contienen una proporción determinada de vanadio, molibdeno y otros elementos, además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono normales. Estos aceros se emplean, por ejemplo, para fabricar engranajes y ejes de motores, patines o cuchillos de corte. El acero inoxidable pertenece a este grupo.

Los aceros inoxidables

Contienen cromo, níquel y otros elementos de aleación, que los mantienen brillantes y resistentes a la herrumbre y oxidación a pesar de la acción de la humedad o de ácidos y gases corrosivos. Algunos aceros inoxidables son muy duros; otros son muy resistentes y mantienen esa resistencia durante largos periodos a temperaturas extremas. Debido a sus superficies brillantes, en arquitectura se emplean muchas veces con fines decorativos. El acero inoxidable se utiliza para las tuberías y tanques de refinerías de petróleo o plantas químicas, para los fuselajes de los aviones o para cápsulas espaciales. También se usa para fabricar instrumentos y equipos quirúrgicos, o para fijar o sustituir huesos rotos, ya que resiste a la acción de los fluidos corporales. En cocinas y zonas de preparación de alimentos los utensilios son a menudo de acero inoxidable, ya que no oscurece los alimentos y pueden limpiarse con facilidad.

Aceros resistentes a la oxidación y la corrosión

En los aceros inoxidable, la acción de los elementos aleados es sustancial, además de estructural, y depende del porcentaje del o los elementos de la aleación

El cromo es el elemento aleado que más influye en la resistencia a la oxidación y a la corrosión de los aceros. Integra la estructura del cristal metálico, atrae el oxígeno y hace que el acero no se oxide. Un 12% de cromo ya impide la corrosión por el aire ambiente húmedo. Para la oxidación a altas temperaturas se puede necesitar hasta un 30 %.

El Níquel mejora la resistencia a la corrosión de los aceros al cromo y el Molibdeno mejora la resistencia a la oxidación altas temperaturas, al igual que el volframio.

Aceros inoxidable son resistentes a la corrosión atmosférica, los ácidos y álcalis y a la oxidación a temperaturas no muy elevadas.

TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Las conducciones forzadas o tuberías a presión son aquellas que funcionan a plena sección y en las que el movimiento del líquido se debe a la presión reinante en el interior, pudiendo presentar, por tanto, pendientes y contra pendientes.

Una tubería es un conjunto de tubos y accesorios unidos mediante juntas para formar una conducción cerrada.

En cambio, un *tubo* es un elemento de sección circular.

Diferencias entre tubos y tuberías:

Tubos	Tuberías
Pared delgada	Pared gruesa
En rollos de muchos metros de longitud	Diámetro relativamente grande, longitud entre 6 y 12 metros
No se pueden enroscar	Pueden enroscarse
Paredes lisas	Pared rugosa
Fabricados por extrusión o moldeo	Fabricados por soldadura, moldeo o taladro

Los tubos y tuberías en el mercado se clasifican en:

Tubos metálicos ferrosos

- Hierro dulce
- Acero inoxidable
- Duriron

Tubos metálicos no ferrosos

- Aluminio
- Aleaciones de cobre-latón y bronce
- Estaño
- Magnesio

Tubos para servicios especiales

- Vidrio
- Cemento
- Hormigón
- PVC

Los *accesorios* pueden ser:

- *Piezas especiales*: Unidades que posibilitan los empalmes, cambios de dirección (codos), derivaciones, variaciones de sección, etc.
- *Dispositivos auxiliares*: Aparatos que protegen y facilitan el buen funcionamiento de la red. Los más importantes son las *válvulas* y las *ventosas*.

Las *juntas* son unidades que se emplean para unir tubos entre sí y con los accesorios.

Una *red de distribución* es un conjunto de tuberías principales, secundarias, terciarias, etc.

CAÑERÍAS Y ACCESORIOS

CAÑOS CON COSTURA

La cañería con costura (soldada) se fabrica a partir de laminas angostas (flejes) en un proceso continuo. El fleje es empujado longitudinalmente por una serie de rodillos laterales que lo van doblando gradualmente, hasta tomar la forma cilíndrica, en que los bordes del fleje quedan topándose. Estos bordes, se unen mediante un proceso de soldadura continua, cuya calidad es controlada simultáneamente.

La soldadura puede ser autógena o con aporte de material. En el primer caso se puede recurrir a la soldadura por resistencia eléctrica ERW o a una soldadura por corriente inducida por alta frecuencia HFI. En el segundo caso se recurre a una soldadura al arco sumergido SAW, la que es especialmente apta para espesores mayores de pared.

La cañería ya soldada es sometida a una eliminación del exceso de soldadura por el exterior e interior. A veces el cordón de soldadura es forjado en frío para lograr una estructura cristalina y propiedades similares al resto de la cañería. Luego se corta a la medida. Opcionalmente, la cañería puede ser sometida a tratamientos térmicos, decapado y acabado de superficie.

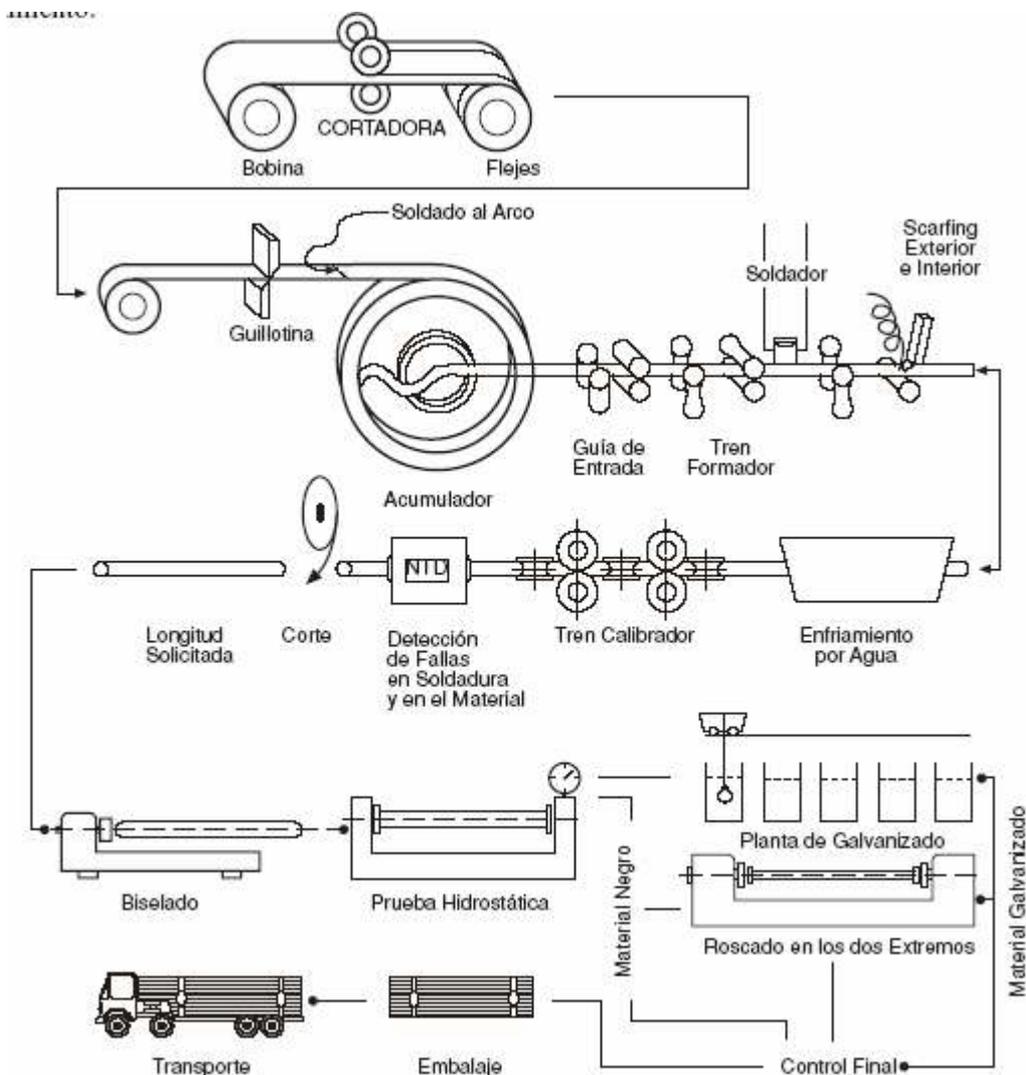
Flujograma de la producción de cañerías con costura

El siguiente diagrama ilustra sobre los pasos necesarios para llegar a producir una cañería a partir de una bobina de acero.

- 1- La primera etapa del proceso consiste en cortar longitudinalmente las bobinas al ancho necesario para fabricar cada diámetro de cañería. Los flejes obtenidos son llevados a la maquina formadora de tubo.
- 2- En la maquina mediante una serie de rodillos, el fleje se va conformando paso a paso, desde su forma plana original hasta llegar con sus bordes casi tocándose a la forma cilíndrica. En esta etapa queda listo para ser soldado longitudinalmente.
- 3- El proceso de soldadura utilizado es eléctrico y de alta frecuencia. La corriente requerida para realizar la soldadura es transmitida inductiva o conductivamente, dependiendo del diámetro y la coalescencia final se produce el color generado por la resistencia del metal al paso de la corriente eléctrica con la aplicación de presión. Luego de soldada la cañería, se elimina la rebaba de soldadura sobrante en el exterior. La cañería que a sido axial soldada y desbarbada se enfría rápidamente con agua o aceite soluble.
- 4- En el tren calibrador la cañería es pasado por rodillos adicionales que la calibran a la medida que exigen las normas y la endurecen, eliminando las eventuales distorsiones ocurridas durante el calentamiento. Una vez calibrada, la cañería se somete al test no destructivo (EDDY CURRENT), proceso automático que permite detectar fallas en la soldadura. Superada esta inspección, la cañería pasa por el carro portador, donde mediante señales eléctricas se corta el producto de forma continua a la medida deseada.
- 5- La cañería que ha terminado su proceso en la tobera es llevada al equipo biselador donde se le hace un bisel en ambos extremos. Esto permitirá posteriormente unir dos cañerías

por soldadura. Si se requieren cañerías con extremos planos estos se logran haciendo un refrenado luego del corte.

- 6- La cañería biselada es llevada a la probadora de cañería, en la que se efectúa una prueba hidrostática a la presión de prueba especificada por la norma, bajo la cual se esta fabricando la cañería.



CAÑOS SIN COSTURA

Es fabricada por procedimientos totalmente diferentes. Básicamente se comienza por fabricar un cuerpo cilíndrico hueco mediante la acción de un mandril sobre una porción cilíndrica del acero previamente calentado al rojo, alojado dentro de un molde, hasta perforarlo. Luego este cuerpo hueco, siempre al rojo, es estirado empujándolo y con un mandril en su interior, a través de un orificio de menor diámetro. Alternativamente puede ser sometido a la acción exterior, en caliente, de rodillos rotantes excéntricos que reducen el diámetro de la cañería que avanza y rota sobre su eje, mientras que en su interior se mantiene el mandril para ajustar el diámetro interno.

También puede usarse un proceso de extrusión en caliente.

Para ciertos casos se opta por procesos de estirado o de pilgering en frío, los que conducen a obtener un mejor acabado superficial y una mayor precisión de las medidas y propiedades mecánicas mejores. Es necesario incluir etapas de enderezado para asegurar la linealidad de las cañerías. Luego se corta a la dimensión deseada. Opcionalmente se incluyen etapas de tratamientos térmicos y de decapado

ACCESORIOS

Accesorios para tuberías.

Es el conjunto de piezas moldeadas o mecanizadas que unidas a los tubos mediante un procedimiento determinado forman las líneas estructurales de tuberías de una planta de proceso.

Tipos:

Entre los tipos de accesorios más comunes se puede mencionar:

- Bridas
- Codos
- Tes
- Reducciones
- Cuellos o acoples
- Válvulas
- Empacaduras
- Tornillos y niples

Características generales:

Entre las características se encuentran: tipo, tamaño, aleación, resistencia, espesor y dimensión.

Diámetros: Es la medida de un accesorio o diámetro nominal mediante el cual se identifica al mismo y depende de las especificaciones técnicas exigidas.

Resistencia: Es la capacidad de tensión en libras o en kilogramos que puede aportar un determinado accesorio en plena operatividad.

Aleación: Es el material o conjunto de materiales del cual esta echo un accesorio de tubería.

Espesor: Es el grosor que posee la pared del accesorio de acuerdo a las normas y especificaciones establecidas.

CARACTERÍSTICAS Y TIPO DE ACCESORIOS

➤ **Bridas**

Son accesorios para conectar tuberías con equipos (Bombas, intercambiadores de calor, calderas, tanques, etc.) o accesorios (codos, válvulas, etc.) La unión se hace por medio de dos bridas, en la cual una de ellas pertenece a la tubería y la otra al equipo o accesorio a ser conectado.

La ventaja de las uniones bridadas radica en el hecho de que por estar unidas por espárragos, permite el rápido montaje y desmontaje a objeto de realizar reparaciones o mantenimiento.

Tipos de bridas y características:

Brida con cuello: para soldar es utilizada con el fin de minimizar el número de soldaduras en pequeñas piezas a la vez que contribuya a contrarrestar la corrosión en la junta.

Brida con boquilla para soldar.

Brida deslizante: es la que tiene la propiedad de deslizarse hacia cualquier extremo del tubo antes de ser soldada y se encuentra en el mercado con cara plana, cara levantada, borde y ranura, macho y hembra y de orificio requiere soldadura por ambos lados.

Brida roscada: Son bridas que pueden ser instaladas sin necesidad de soldadura y se utilizan en líneas con fluidos con temperaturas moderadas, baja presión y poca corrosión, no es adecuada para servicios que impliquen fatigas térmicas.

Brida loca con tubo rebordado: Es la brida que viene seccionada y su borde puede girar alrededor de cuello, lo que permite instalar los orificios para tornillos en cualquier posición sin necesidad de nivelarlos.

Brida ciega: Es una pieza completamente sólida sin orificio para fluido, y se une a las tuberías mediante el uso de tornillos, se puede colocar conjuntamente con otro tipo de brida de igual diámetro, cara y resistencia.

Brida orificio: Son convertidas para cumplir su función como bridas de orificio, del grupo de las denominadas estándar, específicamente del tipo cuello soldable y deslizantes.

Brida de cuello largo para soldar.

Brida embutible: Tiene la propiedad de ser embutida hasta un tope interno que ella posee, con una tolerancia de separación de 1/8" y solo va soldada por el lado externo.

Brida de reducción.

➤ **Codos**

Son accesorios de forma curva que se utilizan para cambiar la dirección del flujo de las líneas tantos grados como lo especifiquen los planos o dibujos de tuberías.

Tipos:

Los codos estándar son aquellos que vienen listos para la pre-fabricación de piezas de tuberías y que son fundidos en una sola pieza con características específicas y son:

Codos estándar de 45°:

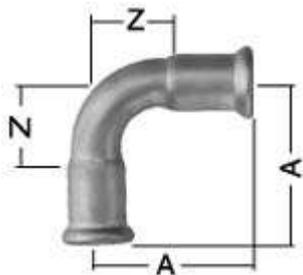


Curva Normal 45°

Para unir caños de un mismo diámetro a 45°

Medida Nominal	A	Z
13	36	15
20	42	18
25	46	22
30	67	28
40	79	32
50	87	35
60	106	43

Codos estándar de 90°:



Curva Normal 90°

Para unir caños de un mismo diámetro a 90°

Medida Nominal	A	Z
13	48	27
20	58	34
25	66	42
30	91	52
40	110	63
50	122	70
60	149	86

Codos estándar de 180° :

Características:

Diámetro: Es el tamaño o medida del orificio del codo entre sus paredes los cuales existen desde ¼" hasta 120". También existen codos de reducción.

Angulo: Es la existente entre ambos extremos del codo y sus grados dependen del giro o desplazamiento que requiera la línea.

Radio: Es la dimensión que va desde el vértice hacia uno de sus arcos. Según sus radios los codos pueden ser: radio corto, largo, de retorno y extralargo.

Espesores: una normativa o codificación del fabricante determinada por el grosor de la pared del codo.

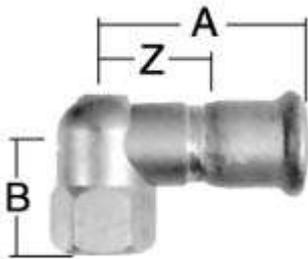
Aleación: Es el tipo de material o mezcla de materiales con el cual se elabora el codo, entre los más importantes se encuentran: acero al carbono, acero a % de cromo, acero inoxidable, galvanizado, etc.

Dimensión: Es la medida del centro al extremo o cara del codo y la misma puede calcularse mediante formulas existentes.



Curva Normal con Rosca Macho

Para conexión a accesorios roscados o a otras instalaciones existentes a 90°



Codo Hembra

Para conexión a accesorios roscados o a otras instalaciones existentes a 90° con radio corto

Medida Nominal	A	B	Z
13	50	29	28
20	55	33	32

➤ **Empacaduras**

Es un accesorio utilizado para realizar sellados en juntas mecanizadas existentes en líneas de servicio o plantas en proceso.

Tipos:

Empacadura flexitálica: Este tipo de empaadura es de metal y de asientos espirometátiles. Ambas características se seleccionan para su instalación de acuerdo con el tipo de fluido.

Anillos de acero: Son las que se usan con brida que tienen ranuras para el empalme con el anillo de acero. Este tipo de juntas de bridas se usa en líneas de aceite de alta temperatura que existen en un alambique, o espirales de un alambique de tubos. Este tipo de junta en bridas se usa en líneas de amoniaco.

Empacadura de asbesto: Como su nombre lo indica son fabricadas de material de asbesto simple, comprimido o grafitado. Las empaquetaduras tipo de anillo se utilizan para bridas de cara alzada o levantada, de cara completa para bridas de cara lisa o bocas de inspección y/o pasahombres en torres, inspección de tanques y en cajas de condensadores, donde las temperaturas y presiones sean bajas.

Empacaduras de cartón: Son las que se usan en cajas de condensadores, donde la temperatura y la presión sean bajas. Este tipo puede usarse en huecos de inspección cuando el tanque va a llenarse con agua.

Empacaduras de goma: Son las que se usan en bridas machos y hembras que estén en servicio con amoniaco o enfriamiento de cera.

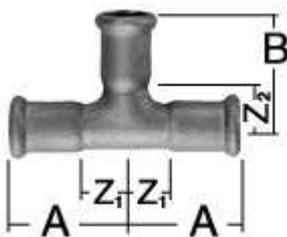
Empacadura completa: Son las que generalmente se usan en uniones con brida, particularmente con bridas de superficie plana, y la placa de superficie en el extremo de agua de algunos enfriadores y condensadores.

Empacadura de metal: Son fabricadas en acero al carbono, según ASTM, A-307, A-193. en aleaciones de acero inoxidable, A-193. también son fabricadas según las normas AISI en aleaciones de acero inoxidable A-304, A-316.

Empacaduras grafitadas: Son de gran resistencia al calor (altas temperaturas) se fabrican tipo anillo y espiro metálicas de acero con asiento grafitado, son de gran utilidad en juntas bridadas con fluido de vapor.

➤ **Tes**

Son accesorios que se fabrican de diferentes tipos de materiales, aleaciones, diámetros y schedule y se utiliza para efectuar fabricación en líneas de tubería.



Te Normal. Para derivar una línea a 90° con el mismo diámetro y sin interrumpir el trayecto original.

Medida Nominal	A	B	Z1	Z2
13	38	38	17	17
20	46	46	22	22
25	51	51	27	27
30	99	99	60	60
40	107	107	50	50
60	126	126	63	63

Tipos:

Diámetros iguales o te de recta. Reductora con dos orificios de igual diámetro y uno desigual.

Características:

Diámetro: las tes existen en diámetros desde ¼" " hasta 72" " en el tipo Fabricación.

Espesor: Este factor depende del espesor del tubo o accesorio a la cual va instalada y ellos existen desde el espesor fabricación hasta el doble extrapesado.

Aleación: Las más usadas en la fabricación son: acero al carbono, acero inoxidable, galvanizado, etc.

Juntas: Para instalar las tes en líneas de tubería se puede hacer, mediante procedimiento de rosca embutible-soldable o soldable a tope.

Dimensión: Es la medida del centro a cualquiera de las bocas de la te.

➤ **Reducción**

Son accesorios de forma cónica, fabricadas de diversos materiales y aleaciones. Se utilizan para disminuir el volumen del fluido a través de las líneas de tuberías.



Para conectar cañerías de diferentes diámetros

Tipos:

Estandar concéntrica: Es un accesorio reductor que se utiliza para disminuir el caudal del fluido aumentando su velocidad, manteniendo su eje.

Estandar excéntrica: Es un accesorio reductor que se utiliza para disminuir el caudal del fluido en la línea aumentando su velocidad perdiendo su eje.

Características:

Diámetro: Es la medida del accesorio o diámetro nominal mediante el cual se identifica al mismo, y varia desde 1/4" " x 3/8" " hasta diámetros mayores.

Espesor: Representa el grosor de las paredes de la reducción va a depender de los tubos o accesorios a la cual va a ser instalada. Existen desde el espesor estándar hasta el doble extrapesado.

Aleación: Es la mezcla utilizada en la fabricación de reducciones, siendo las más usuales: al carbono, acero al % de cromo, acero inoxidable, etc.

Junta: Es el tipo de instalación a través de juntas roscables, embutibles soldables y soldables a tope.

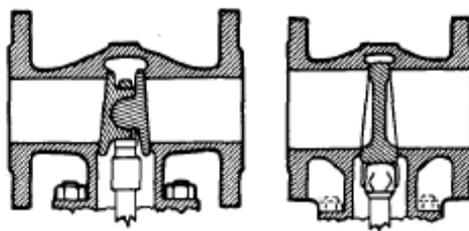
Dimensión: Es la medida de boca a boca de la reducción Concéntrica y excéntrica.

➤ **Válvulas**

Válvula de compuerta:

Las válvulas de compuerta para procesos suelen tener compuertas de cuña con un ángulo incluso de 10° entre los asientos. El cierre se logra al mover una cuña cónica o un par de discos entre los asientos (Fig.

Las características de estrangulación de las válvulas de compuerta son muy deficientes y ocurrirá una severa vibración del disco si la caída de presión a través de los asientos es muy grande.

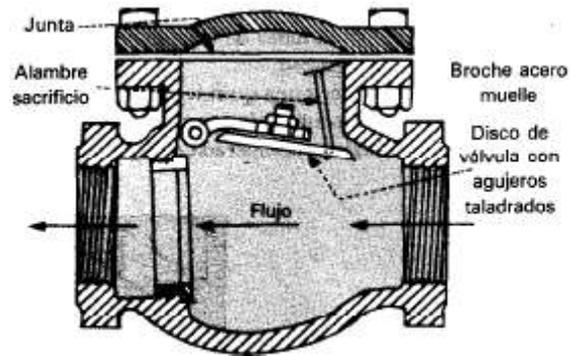


Válvula de retención:

Una válvula de retención con componente de sacrificio deja pasar uno o más líquidos, pero corta el paso a uno indeseado.

Una válvula de retención, instalada al revés en un tubo se mantiene abierta con un alambre o una placa de sacrificio que se disuelve con rapidez en el líquido indeseado. Cuando ocurre una mezcla de líquidos, se disuelve el componente de sacrificio, permite que se cierre la válvula de retención y se impida la contaminación corriente abajo.

Un componente de sacrificio se disuelve en el líquido indeseado, cierra la válvula de retención y corta el flujo. En donde pueden ocurrir mezclas, esta válvula brinda un margen de seguridad adicional.



Válvula de retención horizontal convertida a VRCS

Válvula de asientos o globo:

El uso principal de la válvula de globo es para estrangulación porque puede producir una caída repetible de presión en una amplia gama de presiones y temperaturas. Sin embargo, tiene baja capacidad y duración limitada del asiento debido a la turbulencia. Su mantenimiento es costoso porque el sellamiento es de metal con metal, aunque ya hay asientos de materiales elastoméricos. Estas limitaciones explican por qué son inadecuadas para servicio con pastas aguadas.



La válvula de globo tiene ciertas limitaciones:

- 1) Limitación del tamaño, por lo general a 16 in;
- 2) Menor capacidad comparada con una válvula con vástago visible de igual tamaño, como las de bola o mariposa y, a veces,
- 3) Mayor costo, en especial en los tamaños grandes.

Aunque la válvula de globo seguirá teniendo muchas aplicaciones, quizá resulte más acertada la elección de válvulas de bola o de mariposa, por su mayor capacidad, construcción más sencilla y compacta, menor peso y un costo más bajo.

DISEÑO DE TUBERÍAS

Consideraciones generales y criterios de diseño

El diseño de un sistema de tuberías consiste en el diseño de sus tuberías, brida y su tortillería, empaaduras, válvulas, accesorios, filtros, trampas de vapor juntas de expansión. También incluye el diseño de los elementos de soporte, tales como zapatas, resortes y colgantes, pero no incluye el de estructuras para fijar los soportes, tales como fundaciones, armaduras o pórticos de acero.

Normas de diseño

Las normas más utilizadas en el análisis de sistemas de tuberías son las normas conjuntas del American Estándar Institute y la American Society of Mechanical Engineers ANSI/ASME B31.1, B31.3, etc. Algunas a saber:

- B31.1. (1989) Power Piping
- B31.3 (1990) Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping
- B31.4 (1989) Liquid Transportation System for Hydrocarbons, Petroleum Gas, Anhydrous Ammonia and Alcohols
- B31.5 (1987) Refrigeration Piping
- B31.8 (1989) Gas Transmission and Distribution Piping System
- B31.9 (1988) Building Services Piping
- B31.11 (1986) Slurry Transportation Piping System

Cargas de diseño para tuberías

Un sistema de tuberías constituye una estructura especial irregular y ciertos esfuerzos pueden ser introducidos inicialmente durante la fase de construcción y montaje. También ocurren esfuerzos debido a circunstancias operacionales. A continuación se resumen las posibles cargas típicas que deben considerarse en el diseño de tuberías.

➤ *Cargas por la presión de diseño*

Es la carga debido a la presión en la condición más severa, interna o externa a la temperatura coincidente con esa condición durante la operación normal.

➤ *Cargas por peso*

- a. Peso muerto incluyendo tubería, accesorios, aislamiento, etc.
- b. Cargas vivas impuestas por el flujo de prueba o de proceso
- c. Efectos locales debido a las reacciones en los soportes

➤ *Cargas dinámicas*

- a. Cargas por efecto del viento, ejercidas sobre el sistema de tuberías expuesto al viento
- b. Cargas sísmicas que deberán ser consideradas para aquellos sistemas ubicados en áreas con probabilidad de movimientos sísmicos
- c. Cargas por impacto u ondas de presión, tales como los efectos del golpe de ariete, caídas bruscas de presión o descarga de fluidos

- d. Vibraciones excesivas inducidas por pulsaciones de presión, por variaciones en las características del fluido, por resonancia causada por excitaciones de maquinarias o del viento.

Efectos de la expansión y/o contracción térmica

- a. Cargas térmicas y de fricción inducidas por la restricción al movimiento de expansión térmica de la tubería
- b. Cargas inducidas por un gradiente térmico severo o diferencia en las características de expansión (diferentes materiales)

Presión de diseño

La presión de diseño no será menor que la presión a las condiciones más severas de presión y temperatura coincidentes, externa o internamente, que se espere en operación normal.

La condición más severa de presión y temperatura coincidente, es aquella condición que resulte en el mayor espesor requerido y en la clasificación ("rating") más alta de los componentes del sistema de tuberías.

Se debe excluir la pérdida involuntaria de presión, externa o interna, que cause máxima diferencia de presión.

Temperatura de diseño

La temperatura de diseño es la temperatura del metal que representa la condición más severa de presión y temperatura coincidentes. Los requisitos para determinar la temperatura del metal de diseño para tuberías son como sigue:

Para componentes de tubería con aislamiento externo, la temperatura del metal para diseño será la máxima temperatura de diseño del fluido contenido.

Para componentes de tubería sin aislamiento externo y sin revestimiento interno, con fluidos a temperaturas de 32 °F (0 °C) y mayores, la temperatura del metal para diseño será la máxima temperatura de diseño del fluido reducida, según los porcentajes de la tabla 4.

Restricciones

Para restringir o limitar el movimiento de sistemas de tuberías debido a expansión térmica. Las restricciones se clasifican en:

- a. **Anclajes:** Para fijar completamente la tubería en ciertos puntos.
- b. **Topes:** Para prevenir el movimiento longitudinal de la tubería permitiéndole rotar.
- c. **Guías:** Para permitir desplazamientos en una dirección específica.
- d. **Amortiguadores:** Para limitar el movimiento de la tubería debido a fuerzas diferentes al peso y a la expansión térmica.
- e. **Clasificación de los Amortiguadores o Snubbers:**
- f. **Controladores de vibraciones:** Para prevenir o disminuir vibraciones.
- g. **Amortiguadores hidráulicos o mecánicos:** Para suprimir el movimiento debido a terremotos, golpes de ariete, sin restringir la expansión térmica.

Procedimiento de diseño de tuberías

La lista siguiente muestra los pasos que deben completarse en el diseño mecánico de cualquier sistema de tuberías:

- a. Establecimiento de las condiciones de diseño incluyendo presión, temperaturas y otras condiciones, tales como la velocidad del viento, movimientos sísmicos, choques de fluido, gradientes térmicos y número de ciclos de varias cargas.
- b. Determinación del diámetro de la tubería, el cual depende fundamentalmente de las condiciones del proceso, es decir, del caudal, la velocidad y la presión del fluido.
- c. Selección de los materiales de la tubería con base en corrosión, fragilización y resistencia.
- d. Selección de las clases de "rating" de bridas y válvulas.
- e. Cálculo del espesor mínimo de pared (Schedule) para las temperaturas y presiones de diseño, de manera que la tubería sea capaz de soportar los esfuerzos tangenciales producidos por la presión del fluido.
- f. Establecimiento de una configuración aceptable de soportes para el sistema de tuberías.
- g. Análisis de esfuerzos por flexibilidad para verificar que los esfuerzos producidos en la tubería por los distintos tipos de carga estén dentro de los valores admisibles, a objeto de comprobar que las cargas sobre los equipos no sobrepasen los valores límites, satisfaciendo así los criterios del código a emplear.

Si el sistema no posee suficiente flexibilidad y/o no es capaz de resistir las cargas sometidas (efectos de la gravedad) o las cargas ocasionales (sismos y vientos), se dispone de los siguientes recursos:

- a. Reubicación de soportes
- b. Modificación del tipo de soporte en puntos específicos
- c. Utilización de soportes flexibles
- d. Modificación parcial del recorrido de la línea en zonas específicas
- e. Utilización de lazos de expansión
- f. Presentado en frío

El análisis de flexibilidad tiene por objeto verificar que los esfuerzos en la tubería, los esfuerzos en componentes locales del sistema y las fuerzas y momentos en los puntos terminales, estén dentro de límites aceptables, en todas las fases de operación normal y anormal, durante toda la vida de la planta.

ASPECTOS A TENER EN CUENTA

1-Soldadura

Los requisitos del código respecto a la fabricación son más detallados para la soldadura que para otros métodos de unión, ya que la soldadura no sólo se utiliza para unir dos tuberías extremo a extremo, sino que sirve también para fabricar accesorios que reemplazan a los accesorios sin costura, como codos y juntas de solapa de punta redonda. Los requisitos del código para el proceso de soldado son esencialmente los mismos que se establecieron en la subsección sobre recipientes a presión (por ejemplo los requisitos de la sección IX del ASME Boiler and Pressure Vessel Code) excepto que los procesos de soldado no se restringen, el agrupamiento del material (número P) debe estar de acuerdo con el apéndice A y las posiciones de la soldadura corresponder a la posición de la tubería. El código permite también que un fabricante acepte operadores de soldadura calificados por otra empresa, sin que exista un procesamiento de recalificación cuando el proceso de soldado sea el mismo o uno equivalente. En la tabla siguiente se incluyen procedimientos de calificación que pueden incluir un requisito para pruebas de resistencia a baja temperatura.

2-Presiones

Presión de prueba en fábrica o presión de fábrica (PF): es aquella presión sobre la que se timbran y clasifican los tubos comerciales, que habrán de superar en fábrica sin romperse ni acusar falta de estanqueidad.

Presión nominal (PN): Aquélla por la que se conoce comercialmente y que sirve para tipificar, clasificar y timbrar los tubos. Es un número convencional que coincide con la presión de trabajo a 20° C en tuberías de plástico (PVC y PE).

Presión de rotura (PR): Aquélla a la cual se rompe la tubería.

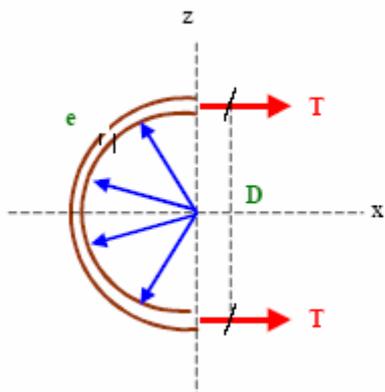
Presión de trabajo (PT): Máxima presión a la que se recomienda que trabaje el tubo, ya que es la máxima presión interna a la que puede estar sometido un tubo en servicio a la temperatura de utilización. Constituida por la presión de servicio más las sobrepresiones accidentales que pudieran producirse, como por ejemplo las debidas al golpe de ariete.

Presión de servicio (PS): Presión a la que efectivamente se hace trabajar la tubería. Siempre debe ser menor o igual que la presión de trabajo.

Se denomina *coeficiente de seguridad* al cociente $\frac{P_R}{P_T}$.

Consideramos una sección de tubería, que estará sometida a la presión hidráulica reinante en su interior, como representa la figura.

Deberá existir equilibrio entre las fuerzas de tracción y el empuje estático total que actúa sobre la mitad del tubo en dirección normal al plano diametral.



e: Espesor del tubo.

D: Diámetro del tubo.

T: Fuerzas resistentes de tracción que tienden a romper la tubería y que se deben a la presión hidráulica del interior.

σ_R : Carga nominal de rotura por tracción.

P_R : Presión de rotura.

Igualando ambos esfuerzos:

$$P_R \cdot D = 2 \cdot T = 2 \cdot \sigma_R \cdot e$$

$$P_R = \frac{2 \cdot e \cdot \sigma_R}{D}$$

Según la presión que pueden soportar (P_R), los tubos se clasifican en:

De baja presión	< 3 atm
De media presión	3 – 10 atm
De alta presión	> 10 atm

3-Corrosión

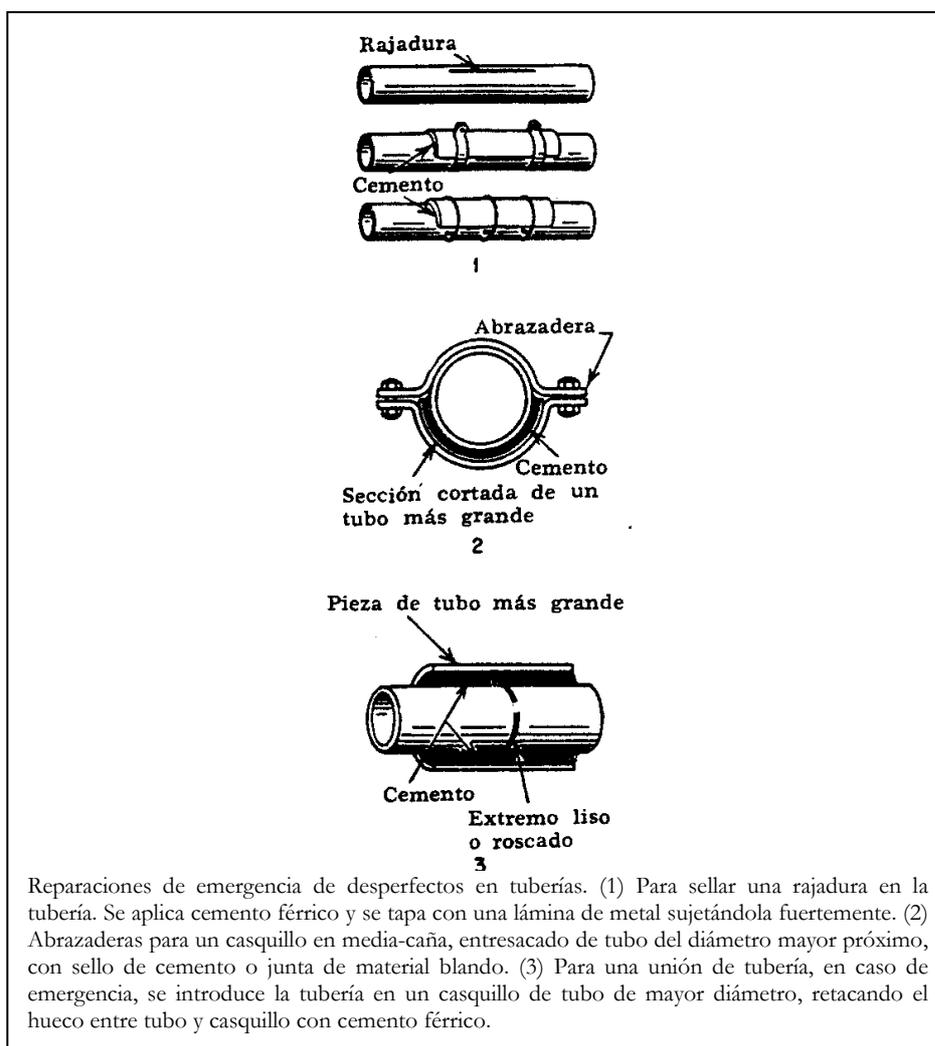
En lo particular, la corrosión es probablemente el problema más grande para el mantenimiento de las redes de tubería. , es causada generalmente por el oxígeno atmosférico disuelto en el agua y el proceso corrosivo se detiene solamente cuando el oxígeno es eliminado del agua, o si se consume por el proceso oxidante al ser atacado el metal. Entre los materiales anticorrosivos más viejos, quedan comprendidos los tubos de asbesto-cemento, acero inoxidable, hierro vaciado y la tubería revestida.

En los circuitos de vapor y agua en las plantas de fuerza, penetra aire disuelto (oxígeno) con el agua tratada y a través de fugas, hasta las secciones que trabajan bajo vacío en el sistema. Una de las soluciones aceptadas generalmente para retardar la corrosión, es reducir al mínimo todas estas fugas, manteniendo en buen estado todas las uniones, juntas y empaquetaduras; y enseguida, desairear el agua de alimentación en un calentador de diseño correcto. Uno de los componentes químicos utilizado es el sulfito de sodio para eliminar los últimos residuos de oxígeno. La corrosión de las líneas del condensado en los sistemas de calefacción es producida frecuentemente por las infiltraciones de aire hacia adentro de la tubería (por los respiraderos, válvulas de seguridad y por las juntas), en aquellas partes en donde el sistema trabaja al vacío.

Así como existen corrosiones internas, también se deben tener en cuenta la corrosión externa. Puede ser rápida en sitios en donde la tubería “suda” con frecuencia, es decir, en donde se forma rocío u otra clase de humedad y particularmente si la superficie mojada queda

expuesta en forma repetida al contacto con gases sulfurosos o que contengan ácidos. Como medida de prevención, debe evitarse, en primer lugar, la formación de rocío, o sellar la tubería si la humedad proviene de goteo.

La tubería envuelta en cisco o enterrada se corroe con mucha frecuencia, especialmente si el suelo es húmedo o ácido. Una protección práctica consiste en un recubrimiento impermeable, por lo general de material asfáltico o algún impermeabilizante similar aplicado directamente a la tubería, o bien sobre una envoltura en espiral de tejido fuerte. Habitualmente se cambia de inmediato cualquier tramo de tubo que presente picaduras o rajaduras ocasionadas por la corrosión, o por cualesquier otras causas. En caso de que esto no sea posible a consecuencia del trabajo, se pueden aplicar parches de emergencia, como los que se ilustran en la figura siguiente, para evitar un paro imprevisto. Este método se puede aplicar a tuberías de hierro vaciado o de acero.



4-Doblado y formación

La tubería puede doblarse en cualquier radio para el cual la superficie del arco de la curvatura esté libre de grietas y pandeos. Está permitido el empleo de dobleces estriados o corrugados. El doblado puede efectuarse mediante cualquier método en frío o caliente,

siempre que se cumplan las características del material que se está doblando y el radio de la tubería doblada esté dentro.

Algunos materiales requieren un tratamiento térmico una vez que ya se han doblado, lo que dependerá de la severidad del doblado. En el código se explican detalladamente los requisitos que deben cumplirse para este tratamiento. Los componentes de la tubería se pueden formar por cualquier método de prensado en frío o caliente, rolado, forjado, formado con martillo, estirado, fileteado o cualquier otro. El espesor después del formado no será menor que el estipulado en el diseño. Existen reglas especiales para la verificación del formado y presión de diseño de los traslapes ensanchados en forma de campana. El doblado y formado en caliente se realizará dentro del intervalo de temperaturas congruentes con las características del material, el empleo final de la tubería y el tratamiento térmico posterior a estos procesos.

El desarrollo de los medios de fabricación para tubería doblada con radio coincidente con los codos largos de radio comercial soldados a tope y las solapas metálicas ensanchadas en forma de campana (Van Stone), son técnicas muy importantes para reducir los costos de la tubería soldada. Estas técnicas evitan tanto el costo de los extremos de punta redonda o en forma de L como el de la operación de soldado requerida para unir el accesorio a la tubería.

5-Costos de sistemas de tuberías

La tubería de una planta de proceso químico puede llegar a representar hasta el 25% del costo de la instalación. El costo de instalación de sistemas de tubería varía ampliamente, dependiendo del material de construcción y de la complejidad del sistema. Un estudio de costos de tubería muestra que la selección del material más barato para una tubería recta simple no será más económica que una instalación compleja donde existe gran cantidad de tramos cortos, accesorios y válvulas. La economía depende también, en gran parte, del tamaño de la tubería y de la técnica utilizada en su manufactura. Los métodos de fabricación, como el doblado a dimensiones estándar de codos de radio largo y maquinado de juntas de solapa, influyen mucho en el costo de fabricación de la tubería a partir de materiales dúctiles, adecuados a esa técnica. Es posible alcanzar reducciones en costos hasta de un 35% utilizando técnicas avanzadas en la manufactura e instalación de tuberías.

CONCLUSIÓN

Después de haber abordado y discutido diversas fuentes de información, cabe destacar la verdadera importancia y función que cumple un sistema como es el de tuberías en cualquier proceso industrial determinado.

Es imprescindible un buen mantenimiento de dichos sistemas y la rigurosa inspección que estos demandan ante el más mínimo defecto. Así como también, lo elemental que es su correcta elección.

En general, este trabajo nos ha provisto del rol que cumple un sistema de tubería en la industria.

BIBLIOGRAFÍA

- MORROY: “Manual de Mantenimiento Industrial” Tomo II
- PERRY: “Manual del Ingeniero Químico”
- Richard. W. Greene . “ Válvulas”.
- www.bete.com
- www.emcoike.com.br
- www.reporteroind.com

ANEXO

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

Anclaje Direccional: Es una estructura que restringe el movimiento axial de una tubería dentro de un rango determinado.

Cargas Dinámicas: Son aquellas cargas que varían con el tiempo, ejemplo: cargas de viento, terremoto, etc.

Cargas Sostenidas: Son aquellas cargas que después de la deformación del material al que están aplicadas, permanecen constantes. Ejemplo: cargas por peso.

Guías: Son estructuras que dirigen el movimiento de una tubería en la dirección que se desea. Las formas y tamaños de las guías varían mucho. Estas estructuras pueden estar ligadas a otros tipos de soportes de tuberías como las zapatas.

Lazo de Expansión: Es una configuración geométrica determinada de un segmento de tubería que permite que ésta se expanda con una disminución considerable de los esfuerzos.

Rating: Clasificación.

Soporte: Cualquier material, instrumento, etc., que sirve para que algo se apoye sobre él, o para sostenerlo o mantenerlo en una determinada posición.

Zapata: Consiste en una estructura metálica vertical soldada a una tubería y otra horizontal que se asienta sobre la viga o arreglo en el que la tubería se apoya. Su función es permitir que la tubería se desplace a causa de la expansión térmica sin sufrir efectos de fricción.