

**CORPORACIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA
INDUSTRIA NAVAL, MARÍTIMA Y FLUVIAL - COTECMAR**




CONTRATO DE CONSULTORÍA N° 025 DE 2023

**CONSULTORÍA INTEGRAL DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LAS NUEVAS
EDIFICACIONES QUE APALANCARÁN LA PRODUCCIÓN FUTURA DE
BUQUES, DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DESCRITAS EN
EL ANEXO DENOMINADO “ALCANCE” DE LA INVITACIÓN ABIERTA**

DISEÑO DE RED DE GAS

OCTUBRE DE 2024

REVISIÓN Y APROBACIÓN		
Documento:	DISEÑO REDES DE GAS	
CONSULTORÍA		
ELABORADO POR:	Nombre:	Ing. Janer Arango M.P.
	Firma	
	Fecha	Octubre de 2024
INTERVENTOR		
REVISADO Y APROBADO POR:	Nombre:	Arq. M.P.
	Firma	
	Fecha	Octubre de 2024

TRAZABILIDAD DE REVISIONES Y VERSIONES		
Versión	Fecha de modificación	Observaciones
1	04 marzo 2024	Emisión inicial
2	26 junio 2024	Emisión final
3	04 de octubre de 2024	Se atienden observaciones de interventoría

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	6
2.	OBJETIVO Y ALCANCE.....	7
2.1.	ALCANCE.....	7
2.2.	OBJETIVOS	7
3.	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	8
4.	DESARROLLO DISEÑO DE TUBERÍA	12
4.1.	ESPECIFICACIÓN ASME B16.11 PARA ACCESORIOS DE ACERO FORJADO	14
4.2.	ASTM A106 GRADO B – MATERIAL DE TUBERÍA DE USO COMÚN	14
4.3.	LOS TIPOS COMUNES DE EXTREMOS DE TUBERÍA SON:	14
4.4.	CÓDIGO DE DISEÑO.....	15
4.5.	VERIFICACIÓN DE DIÁMETRO DE TUBERÍA	16
4.6.	RESPONSABILIDADES	18
4.6.1.	Propietario	18
4.6.2.	Diseñador.....	18
4.6.3.	Fabricante, ensamblador e instalador	18
4.6.4.	Inspector del propietario.....	18
4.7.	ENTREGABLES	18
4.7.1.	Layout de tubería.....	19
4.7.2.	Plot plan de tubería	19
4.7.3.	Key plan	19
4.7.4.	Isométricos de tubería	20
4.7.5.	MTO (listado de materiales):	20
4.7.6.	Clases de tubería.....	20
4.7.7.	Soportes de tubería.....	21
5.	BIBLIOGRAFÍA	22

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diseños de tuberías	6
Ilustración 2. Ubicación del Municipio de Cartagena de indias, Departamento de Bolívar a partir del mapa de Colombia.	8
Ilustración 3. Ubicación del proyecto, municipio de Cartagena de Indias, municipio de Medellín, municipio de Bucaramanga y Municipio de Cúcuta.	9
Ilustración 4. Ubicación del proyecto, Municipio de Cartagena de indias y Municipio de barranquilla.	10
Ilustración 5. Ubicación del proyecto, Planta COTECMAR, Vía a Mamonal.	11
Ilustración 6. Ejemplo de layout de tubería	19
Ilustración 7. Ejemplo plot plan	19
Ilustración 8. Ejemplo de isométrico.....	20
Ilustración 9. Ejemplo de MTO	20
Ilustración 10. Soportes típicos de tubería	21

TABLAS

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

1. INTRODUCCIÓN

Las líneas de tubería son consideradas los elementos más importantes dentro de una planta industrial, los fluidos ya sean líquidos o gaseosos e inclusive en algunas ocasiones sólidos, son transportados a través de tuberías, las líneas de tubería garantizan el transporte de los fluidos desde un equipo a otro, manteniendo dentro de la tubería las condiciones de presión y temperatura.

Actualmente existen miles de kilómetros de tuberías en todo el mundo, los fluidos extraídos desde los pozos productores de crudo, son transportados hasta las refinerías o buques de transporte a través de las tuberías, en las refinerías se considera que el peso de la tubería de una facilidad puede llegar a ser de 37% del peso total de esta. Para diferentes tipos de uso como lo son para sistemas de distribución de gas y agua, alcantarillado y sistemas de drenaje, la protección de cables, las comunicaciones y las instalaciones industriales, que son necesarias para las actividades diarias del ser humano en sectores agrícolas, industriales, comerciales, viviendas, entre otros.

Ilustración 1. Diseños de tuberías



Los diseños de tubería deben ser realizados de acuerdo a las normas internacionales como ANSI o ASME, que garanticen que los materiales y los accesorios, cumplan los criterios y esfuerzos permitidos.

2. OBJETIVO Y ALCANCE

2.1. ALCANCE

El alcance de este documento, es el describir los criterios del diseño de las líneas de tubería que permita el envío de los gases utilizados en el proceso de soldadura o gases para la limpieza de las piezas metálicas requeridas en la fabricación de COCTEMAR.

2.2. OBJETIVOS

El objetivo es definir los criterios de diseño, las normas aplicables para el diseño y fabricación de las líneas de tubería y la definición de las rutas de tuberías para llevar los flujos de gases como; aire comprimido, oxígeno, Argón, dióxido de carbono y propano desde las facilidades de almacenamiento hasta los puntos de fabricación.

3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra localizado en el Departamento de Bolívar, en el municipio de Cartagena de Indias, en la zona industrial de Mamonal, a una altura aproximada de 1 m.s.n.m

A continuación, se presenta la localización del proyecto.

Ilustración 2. Ubicación del Municipio de Cartagena de indias, Departamento de Bolívar a partir del mapa de Colombia.



Fuente: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Colombia_-_Bolívar_-_Cartagena_de_Indias.svg

Ilustración 3. Ubicación del proyecto, municipio de Cartagena de Indias, municipio de Medellín, municipio de Bucaramanga y Municipio de Cúcuta.



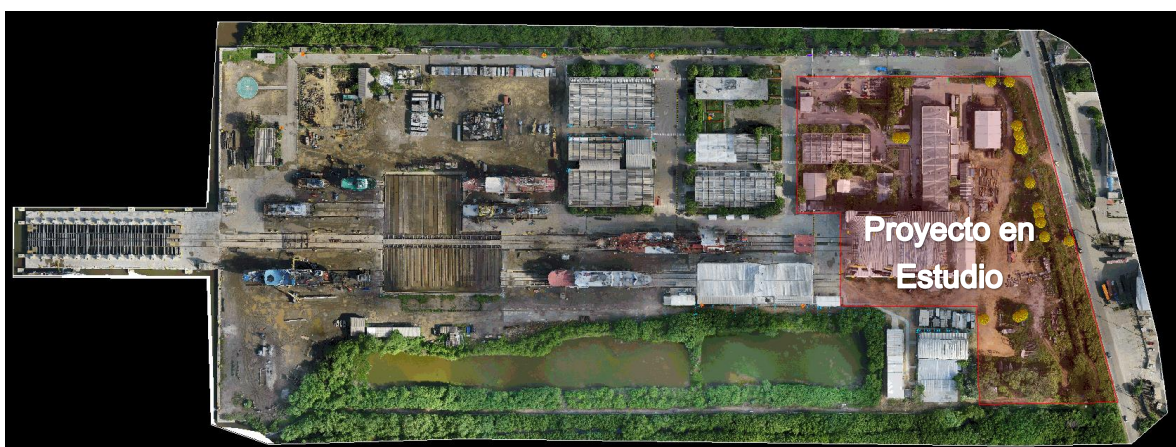
Fuente: Adaptación a partir de Google Earth

Ilustración 4. Ubicación del proyecto, Municipio de Cartagena de indias y Municipio de barranquilla.



Fuente: Adaptación a partir de Google Earth

Ilustración 5. Ubicación del proyecto, Planta COTECMAR, Vía a Mamonal.



Fuente: Adaptación a partir de Google Earth.

4. DESARROLLO DISEÑO DE TUBERÍA

Los diseños de tuberías aplicados en las facilidades de COTECMAR permitirán el transporte de gases como:

- Oxígeno
- Dióxido de carbono
- Argón
- Aire comprimido
- Propano

Estos gases serán transportados desde las facilidades de almacenamiento, haciendo un recorrido por cada una de las áreas de proceso existentes tales como; LP2 ampliación 1 y LP3 , entregando en cada una de las zonas de trabajo los gases requeridos. El diseño planteado, busca garantizar que el flujo de gas requerido en cada punto de trabajos mantenga las condiciones mínimas requeridas de presión y caudal; con base en lo anterior, se ha definido que los cabezales principales se diseñen en dos (2) pulgadas de diámetro nominal y los ramales a los puntos de trabajo, sean en una (1) pulgada de diámetro nominal.

Para un adecuado diseño, los materiales a utilizar deben garantizar el manejo de los fluidos sin generar desgastes excesivos por corrosión o erosión, en el presente diseño, los materiales a usar son:

Fluido	Material	Presión máxima de diseño	Temperatura máxima de diseño
Aire comprimido	A106 GR B	150 PSI	50 °C
Argón	A106 GR B	150 PSI	50 °C
Dióxido de carbono	A106 GR B	150 PSI	50 °C
Oxígeno	SS 304	150 PSI	50 °C
Propano	A106 GR B	150 PSI	50 °C
Mezcla CO ₂ + Ar	A106 GR B	150 PSI	50 °C

Para la definición de los materiales se han tenido las siguientes consideraciones:

- El dióxido de carbono a utilizar se ha considerado que es seco (no contiene agua).
- El aire comprimido, se utilizará en los diferentes procesos y no será utilizado como aire de instrumentos.
- Las condiciones de presión y temperatura de operación están dadas por los cilindros de almacenamiento similares a los que hay actualmente en las facilidades.

La normativa ASME B36.10 establece directrices claras para las dimensiones de tuberías, incluyendo los espesores requeridos según presiones y temperaturas previamente calculadas. 🌡 Estas especificaciones son esenciales para ingenieros y diseñadores, ya que proporcionan una base confiable para la selección de materiales y la planificación de proyectos.

Espesor tuberías en Acero al Carbono según ASME B36.10M

Tabla espesores tubería Acero al Carbono según ASME B36.10M
Diámetros Nominales 1/8 in a 6 in (DN6 a DN150)

Tamaño NPS in	DN mm	Diam. exter. in (mm)	SCH 5 in (mm)	SCH 10 in (mm)	SCH 30 in (mm)	SCH 40 STD in (mm)	SCH 80 XS in (mm)	SCH 120 in (mm)	SCH 160 in (mm)	XXS mm (in)
1/8	6	0.405 (10.29)	— (—)	0.049 (1.24)	0.057 (1.45)	0.068 (1.73)	0.095 (2.41)	— (—)	— (—)	— (—)
1/4	8	0.54 (13.72)	— (—)	0.065 (1.65)	0.073 (1.85)	0.088 (2.24)	0.119 (3.02)	— (—)	— (—)	— (—)
3/8	10	0.675 (17.15)	— (—)	0.065 (1.65)	0.073 (1.85)	0.091 (2.31)	0.125 (3.2)	— (—)	— (—)	— (—)
1/2	15	0.84 (21.34)	0.065 (1.65)	0.083 (2.11)	0.095 (2.41)	0.109 (2.77)	0.147 (3.73)	— (—)	0.188 (4.78)	0.294 (7.47)
3/4	20	1.05 (26.67)	0.065 (1.65)	0.083 (2.11)	0.095 (2.41)	0.113 (2.87)	0.154 (3.91)	— (—)	0.219 (5.56)	0.308 (7.82)
1	25	1.315 (33.4)	0.065 (1.65)	0.109 (2.77)	0.114 (2.9)	0.133 (3.38)	0.179 (4.55)	— (—)	0.25 (6.35)	0.358 (9.09)
1 1/4	32	1.66 (42.16)	0.065 (1.65)	0.109 (2.77)	0.117 (2.97)	0.14 (3.56)	0.191 (4.85)	— (—)	0.25 (6.35)	0.382 (9.7)
1 1/2	40	1.9 (48.26)	0.065 (1.65)	0.109 (2.77)	0.125 (3.18)	0.145 (3.68)	0.2 (5.08)	— (—)	0.281 (7.14)	0.4 (10.16)
2	50	2.375 (60.33)	0.065 (1.65)	0.109 (2.77)	0.125 (3.18)	0.154 (3.91)	0.218 (5.54)	— (—)	0.344 (8.74)	0.436 (11.07)
2 1/2	65	2.875 (73.03)	0.083 (2.11)	0.12 (3.05)	0.188 (4.78)	0.203 (5.16)	0.275 (7.01)	— (—)	0.375 (9.53)	0.552 (14.02)
3	80	3.5 (88.9)	0.083 (2.11)	0.12 (3.05)	0.188 (4.78)	0.216 (5.49)	0.3 (7.62)	— (—)	0.438 (11.13)	0.6 (15.24)

4.1. ESPECIFICACIÓN ASME B16.11 PARA ACCESORIOS DE ACERO FORJADO

ASME B16.11 es el estándar para los accesorios de acero forjado, incluidos los de soldadura por encaje y roscados. Material que incluye acero al carbono, acero aleado y acero inoxidable. También se describen como accesorios de extremo roscados de Clase 2000, 3000, 6000 y Clase 3000, 6000 y 9000 para accesorios de extremo de soldadura por encaje.

4.2. ASTM A106 GRADO B – MATERIAL DE TUBERÍA DE USO COMÚN

La tubería ASTM A106 Grado B es una de las tuberías de acero sin costura más populares aplicadas en diferentes industrias. No solo en sistemas de tuberías como petróleo y gas, agua, transmisión de lodos minerales, sino también para calderas, construcción, fines estructurales.

4.3. LOS TIPOS COMUNES DE EXTREMOS DE TUBERÍA SON:

- Extremos lisos (PE): los extremos lisos se utilizan generalmente para diámetros más pequeños y requieren bridas deslizantes y accesorios de soldadura por encastre. Los extremos lisos también son comunes para las tuberías de acero inoxidable, dúplex y de aleación de níquel.
 - Extremos biselados (BE): es el tipo de extremo de tubería más común (los extremos biselados se unen mediante soldadura).
 - Extremos roscados (TE): los extremos roscados (que generalmente son NPT según ASME B1.20.1 para tuberías petroquímicas) requieren accesorios roscados y bridas y se usan para tuberías o líneas de gas de menor tamaño.
 - Extremos roscados y acoplados (T&C): generalmente utilizados para la distribución de gas
 - Extremos ranurados (ejemplo tuberías Victaulic): son tuberías que permiten una conexión rápida, utilizadas para aplicaciones no críticas

La tubería se puede comprar con costura (lámina rolada con soldadura longitudinal), y tubería sin costura la cual se conoce como SAMLESS

Tubería SW

Para los extremos de las tuberías, SW significa soldadura por enchufe. Se refiere al método de soldadura que conecta tuberías y accesorios de acero inoxidable con válvulas u otras partes, y se utiliza principalmente para tuberías de acero inoxidable o tubos de acero al carbono cuyo tamaño es menor a 2 pulgadas.

Tubería BW

Para extremos de tubería, BW significa extremo de soldadura a tope. Se refiere a la soldadura de extremos de tubería a extremos o tuberías a accesorios de tubería. Utiliza calor de resistencia para soldar dos piezas de trabajo a lo largo de toda la cara del extremo a la vez, lo que ahora se usa ampliamente en la soldadura de piezas de trabajo.



4.4. CÓDIGO DE DISEÑO

Para el presente diseño, se ha considerado el código de diseño para plantas de proceso, El Código ASME B31.3, este código incluye: lista de materiales de tuberías aceptados, con sus tensiones admisibles en función de la temperatura y otras notas con información adicional como la tabla de estándares que indica componentes aceptados en la construcción de sistemas de tuberías.

El acrónimo ASME responde a las siglas de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (American Society of Mechanical Engineers) formada por profesionales de la ingeniería, fundada a finales del siglo XIX, y que hoy es una sociedad mundial de la cual son miembros ingenieros industriales y fabricantes de equipos.

La fabricación de los diferentes accesorios de tubería deberá cumplir los códigos internacionales de fabricación como ASME 16.5 para bridas de tubería o ASME B16.34 para válvulas bridadas o soldadas.

Las líneas de tuberías, serán soportadas adecuadamente para garantizar que las deformaciones y desplazamientos no superen los esfuerzos admisibles indicados en las tablas de esfuerzos admisibles del apéndice A del código de diseño ASME B31.3.

4.5. VERIFICACIÓN DE DIÁMETRO DE TUBERÍA

A continuación, se realiza la verificación de la tubería requerida para el transporte de los gases,

Para esta verificación, se realizará utilizando las ecuaciones de Renouard y se calculó la pérdida de presión en esta, verificando que no fuera un porcentaje mayor al 2%. Además, se verificó la velocidad en la tubería, que por norma no puede superar los 20 m/s.

Fórmula de Renouard:

$$P_1^2 - P_2^2 = \frac{K \rho L Q^{1,82}}{D^{4,82}}$$

Donde

P1: Presión absoluta inicial (bar)

P2: Presión absoluta final (bar)

ρ : Densidad ficticia o de cálculo (sin unidades)

L: Longitud equivalente del tramo (m)

Q: Caudal de gas (m³(n)/h), en condiciones normales.

D: Diámetro interior de la tubería (mm)

K: Coeficiente constante de la fórmula de Renouard cuadrática. Su valor se toma habitualmente 48.66 para presiones entre 0.1 y 4 bar, tomando 51.5 para presiones hasta los 16 bar.

Se asumió una presión inicial de 30 PSI, la densidad relativa del argón es 1.4, la Longitud máxima que equivalente del Argón es de 70 m, se asumió un valor de

referencia de caudal del argón de 15 L/min. De acuerdo con lo anterior, y para una tubería de 1 in SC 80 de acero al carbón, la caída de presión sería:

$$P_2 = \left(P_1^2 - \left(\frac{K \rho L Q^{1,82}}{D^{4,82}} \right) \right)^{1/2} = \left((2,0684 \text{ bar})^2 - 48,66 * 1,4 * 70 \text{ m} * \frac{\left(0,9 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)^{1,82}}{(24,31 \text{ mm})^{4,82}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 2,0682 \text{ bar} = 29,997 \text{ PSI}$$

Es decir, la diferencia de presiones es de aproximadamente 0.0028 PSI, que equivale a una caída del 0.0096%.

La velocidad en la tubería se calcula como:

$$V = \frac{Q * 378}{PD^2} = \frac{0,9 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 378}{2,068 \text{ bar} * (24,31 \text{ mm})^2} = 0,28 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, con esta tubería de 1 in cumple con los requerimientos de diseño. Se diseña los cabezales principales en 2 in para garantizar que se sigan cumpliendo las condiciones con todo el caudal de las líneas y que los puntos más lejanos se pueda usar el caudal requerido.

Los cálculos para los demás gases son similares. A continuación, se muestra una tabla con las densidades de estos:

Gas	Densidad (ρ) (g/ml)
Argón	1.400
Oxígeno	1.429
Propano	0.493
Dióxido de Carbono	1.500
Aire	1.200

4.6. RESPONSABILIDADES

4.6.1. Propietario

El propietario de una instalación de tuberías tiene la responsabilidad absoluta de cumplir con este Código y de establecer los requisitos para el diseño, la construcción, los exámenes, las inspecciones y las pruebas que regirán todo el manejo de fluidos o las instalaciones de proceso, de las cuales forma parte la tubería. El propietario es además responsable por la designación de la tubería en ciertos servicios de fluidos y determinar si se empleará un Sistema de Calidad específico.

4.6.2. Diseñador

el diseñador tiene la responsabilidad, frente al propietario, de asegurar que el diseño de ingeniería del sistema de tuberías cumpla con los requisitos de este Código y con cualquier otro requisito adicional establecido por el propietario.

4.6.3. Fabricante, ensamblador e instalador

El fabricante, el ensamblador y el instalador de un sistema de tuberías son los responsables de suministrar los materiales, los accesorios y la mano de obra acordes con los requisitos de este Código y del diseño de ingeniería.

4.6.4. Inspector del propietario

El Inspector del propietario es responsable ante el propietario de asegurar que se cumplan todos los requisitos de inspección, exámenes y pruebas establecidos en este Código. Si el propietario especifica el empleo de un Sistema de Calidad determinado, el inspector del propietario es responsable de verificar que este se implemente.

(Extraído del código de diseño ASME B31.3 2010)

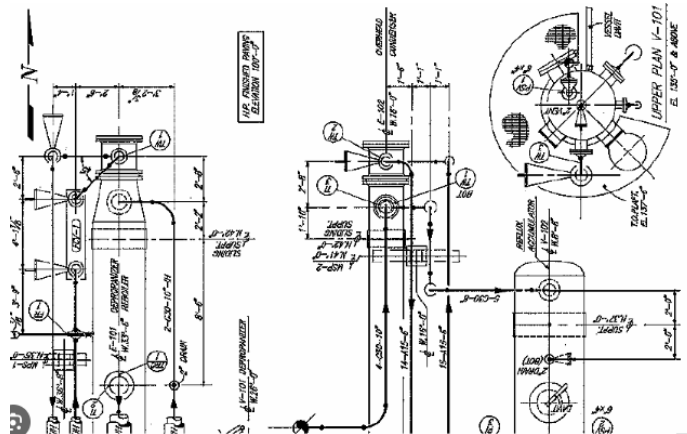
4.7. ENTREGABLES

Los documentos requeridos para mostrar adecuadamente los diseños de tubería, son indicados a continuación:

4.7.1. Layout de tubería

El cual muestra los recorridos de las tuberías en planta, con las cotas claves para identificar la posición relativa de los componentes.

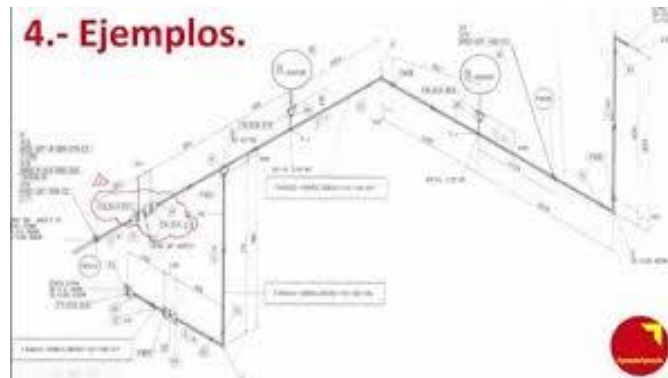
Ilustración 6. Ejemplo de layout de tubería



4.7.4. Isométricos de tubería

Los isométricos de tubería son la representación gráfica de los recorridos de tubería en los ejes cardenales x, y, z.

Ilustración 8. Ejemplo de isométrico



4.7.5. MTO (listado de materiales):

El listado de materiales por cada isométrico será indicado en cada isométrico.

Ilustración 9. Ejemplo de MTO

Tuberías	1 1/2"	0,5
Tuberías	1"	0,5
Tubería	1 1/4"	0,5
Tubería	2"	3
Codos	2"	3
Reducción	2" x 1"	1
Reducción	2" x 1 1/4"	1
Tee	2" x 1 1/2"	2
Tee	2" x 2"	1

4.7.6. Clases de tubería

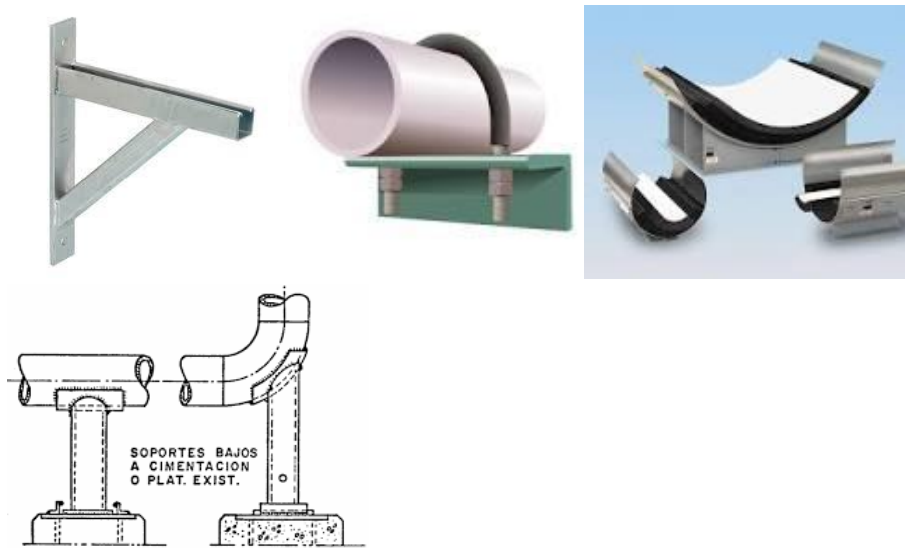
Cuando se trabaja en tuberías, la clase de tubería y sus especificaciones juegan un papel importante en el diseño y la elección de las tuberías correctas. Diferentes clases de tubería pueden manejar diferentes cargas y materiales, siendo aptos para situaciones específicas. Comprender qué clases de tubería y especificaciones de tubería ayudarán a los diseñadores, fabricantes y compradores a saber qué tipo de tubería elegir para el trabajo.

4.7.7. Soportes de tubería

Los soportes de tubería, deben garantizar la adecuada sustentación de la tubería, así como permitir los desplazamientos de las líneas por deformaciones térmicas, un adecuado diseño de soportes debe evitar que los equipos asociados a las tuberías sobrepasen las cargas y momentos máximos permitidos por los fabricantes.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de soportes de tubería utilizados

Ilustración 10. Soportes típicos de tubería



5. BIBLIOGRAFÍA

Código de diseño ASME B31.3 2010