

21
39



Universidad Nacional Autónoma de México

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**SELECCION DE TUBERIAS, SOLDADURA
Y ACCESORIOS**

Tesis Profesional

Que para obtener el Título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

presenta

JOSE LUIS PEREZ JIMENEZ

Director de Tesis: I.M.E. DANIEL HERNANDEZ PECINA



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 está 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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

C O N T E N I D O

INTRODUCCION

CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1	ASPECTOS GENERALES DEL DISEÑO DE TUBERIAS	4
1.2	PRIMER FACETA DEL DISEÑO DE TUBERIAS.....	4
1.3	SEGUNDA FACETA DEL DISEÑO DE TUBERIAS.....	5
1.4	SELECCION DEL MATERIAL, DIAMETRO Y ESPESOR DE LA TUBERIA.....	7
1.5	SELECCION DEL MATERIAL.....	7
1.6	ACCESORIOS PARA TUBERIAS.....	8
1.7	DESCRIPCION DE LAS CARAS DE BRIDAS.....	13
1.8	MATERIALES DE BRIDAS.....	14
1.9	SELECCION DE BRIDAS.....	17

CAPITULO II. DESCRIPCION DE LOS EMPAQUES DE LAS BRIDAS.

2.1	DESCRIPCION DE LOS EMPAQUES.....	20
2.2	EMPAQUES NO METALICOS.....	21
2.3	EMPAQUES METALICOS.....	23

CAPITULO III. ACCESORIOS DE TUBERIAS

3.1	ACCESORIOS DE TUBERIAS.....	27
3.2	FACTORES DE SELECCION.....	27
3.3	CLASIFICACION DE LAS VALVULAS.....	28
3.4	TRAMPAS DE VAPOR.....	34
3.5	ARREGLO TIPICO DE MONTAJE DE TRAMPAS DE VAPOR.....	41

CAPITULO IV. CALCULO DEL DIAMETRO Y ESPESOR DE LA TUBERIA.

4.1	SELECCION DEL DIAMETRO DEL TUBO-----	44
4.2	CALCULO DEL ESPESOR DEL TUBO-----	45
4.3	SELECCION DE LA CEBULA DEL TUBO-----	47
4.4	CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION-----	47
4.5	CALCULO DEL FACTOR DE FRICCION-----	48

CAPITULO V. ESTIMACION DE GASTOS.

5.1	CONSIDERACION GENERAL-----	51
5.2	ESTIMACION DE GASTOS-----	51

CAPITULO VI. SOLDADURA DE TUBERIAS.

6.1	CONCEPTO DE SOLDADURA-----	57
6.2	TIPOS DE SOLDADURA-----	57
6.3	PROCESOS DE SOLDADURA-----	59
6.4	SIMBOLOGIA DE LA SOLDADURA-----	69
6.5	NOMENCLATURA DE MATERIALES DE APORTE-----	72
6.6	DISEÑO DE JUNTAS	
6.7	EFEECTO DE LOS ELEMENTOS DE ALEACION EN LOS ACEROS-----	85
6.8	ESPECIFICACIONES DE SOLDADURA-----	95
6.9	CALIFICACION DE SOLDADORES-----	98
6.10	INSPECCION DE SOLDADURA-----	105
VII.	CONCLUSIONES-----	113
VIII	APENDICE-----	115
IX.	BIBLIOGRAFIA-----	119

INTRODUCCION

La utilización de tuberías se remonta a 4000 años --- (A.C.), así también sistemas de tubería de plomo con válvulas de bronce en las ruinas de Pompeya España.

Estos sistemas de tuberías estaban enfocados principalmente a drenajes o distribución de agua. Tasa mayor importancia el uso de tuberías en el siglo XVIII, con el desarrollo de las máquinas de vapor que trajo a su vez la superación en los procesos de fabricación de tuberías, con un incremento en el uso de las distintas aleaciones de materiales, para cubrir las necesidades de presión y temperatura en sistemas más complejos para las plantas generadoras de energía y de proceso.

En la actualidad se continúa con la búsqueda de nuevos métodos en el diseño de tuberías, para hacer su aplicación más óptima y mejorar cada sistema de tuberías.

De acuerdo con balance de costos de una planta las tuberías representan del 25 al 35% del costo del material de la planta, del 30 al 40% del montaje y del 40 al 48% de las horas-hombre de ingeniería.

La presente Tesis va encaminada a dar los conceptos más actualizados que se tienen para trabajar con tuberías. Se darán a conocer los materiales que se usan en tuberías,

las soldaduras que se utilizan en los empates de tuberías, así como los distintos tratamientos que se aplican a éstas, los accesorios que se recomiendan para tuberías de proceso con sus rangos de seguridad y utilidades prácticas.

La importancia que la soldadura tiene actualmente en todas las ramas de la industria, es tal, que cada día se hacen nuevos descubrimientos y las investigaciones van paralelamente con otras ciencias, existen procesos que se utilizan rayos laser, por ejemplo.

Su utilización aprovechando el arco eléctrico, se remonta hacia principios de este siglo. Fue M.V. Bernardos, un científico ruso, quien conectando el polo negativo a una pieza metálica y el electrodo de carbón al polo positivo, logró mantener el arco. Después logró aislar el polo de carbón y el arco pudo ser manejado a voluntad, logrando soldaduras con inclusiones de carbón haciendo las juntas duras y quebradizas.

En 1910 en Inglaterra había un taller donde se soldaban tubos de hierro forjado hasta de un pie de diámetro; en los Estados Unidos en 1902 la Baldwin Locomotive Works estableció en Pensylvania un taller para mantenimiento de locomotoras, utilizando el arco de carbón en gran escala; Oscar Kjellberg de origen sueco en 1910 produjo un electrodo metálico fuertemente recubierto, ya que los electrodos desnudos producían soldaduras frágiles debido a la

presencia del aire. Estos fueron los primeros pasos para descubrir los fundentes modernos.

El tratamiento de los metales con calor se pierden en la historia. Hacerlo 30 siglos antes, ya mencionaba algunos trabajos de forjas, por lo que se supone que la soldadura se conoce desde que el hombre maneja los metales. En el Museo Smithsonian de Washington, se conservan piezas soldadas a la fragua en la época de Asirios 600 años A.C.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES DEL DISEÑO DE TUBERIAS

El diseño de tuberías, consiste en la aplicación de los conocimientos sobre el flujo de fluidos, análisis de esfuerzos y flexibilidad, propiedades de los materiales y de las prácticas a seguir para decidir la disposición del sistema de tuberías, buscando siempre la seguridad, economía y funcionabilidad del sistema. Actualmente se ha incrementado el uso de programas que se corren con computadoras, para análisis de flexibilidad; esfuerzos y desplazamientos de sistemas de tuberías, con lo que se facilita el diseño y seguridad en el sistema.

1.1 DISEÑO DE TUBERIAS

El diseño de tuberías, se puede dividir en dos grandes partes. La primera consiste en la selección y cálculo de los diferentes elementos que constituyen un sistema de tubería y la segunda en la elaboración de un arreglo o trazo del sistema de tubería.

1.2 PRIMERA PARTE DEL DISEÑO DE TUBERIAS

Como se mencionó, esta primera parte consiste en la selección y cálculo de los elementos que intervienen en un

sistema de tubería. Para ello se necesita una información respecto al proyecto, que se encuentra contenida en las especificaciones y normas de cada Compañía y para el cálculo en códigos de diferentes Organismos de los cuales se nombra una lista con abreviaturas.

AGA	American Gas Association
AISI	American Iron and Steel Institute
ANSI	American National Standar Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing Materials
DIN	Normas Oficiales de Alemania

Estos son los Organismos más relacionados con sistemas de tuberías y emiten además de códigos de tuberías otros relacionados con accesorios referentes a la construcción.

1.3 SEGUNDA FACETA DEL DISEÑO DE TUBERIAS

Como se mencionó anteriormente ésta constituye la elaboración del trazo de tubería y se toman las siguientes consideraciones:

- a).- La utilización de prácticas de diseño o procedimientos que se establecen por la experiencia, juicio de Ingeniería,
- b).- Tomar en cuenta las necesidades del proceso de las ---

cables pueden restringir el diseño, como; las caídas de presión excesivas, respetar ciertas velocidades, evitar en algunos casos vaporizaciones, la naturaleza del fluido, su estado: líquido o gas, su presión, temperatura, etc.

- c).- La economía. Es decir, tratar de simplificar la más posible las rutas de tuberías evitando así un costo excesivo del sistema.
- d).- La accesibilidad. Es decir, la facilidad para el montaje, operación y mantenimiento tanto a equipo como a sistemas de tuberías.
- e).- Evitar los esfuerzos excesivos en la tubería y boquillas ya que esto nos puede acarrear fallas más fácilmente.
- f).- La seguridad. Esto es, proveer pasillos libres de obstrucciones teniendo una tolerancia de 24" mínimo (0.609 m), de ancho y 2' - 6" (0.762 m) mínimo de alto.
- g).- Dispositivos para el control. Es decir, observa los tipos de controles e instrumentos que se requiere en proceso y hallar su localización más adecuada para su operación y mantenimiento.

1.4 SELECCION DEL MATERIAL, DIAMETRO Y ESPESOR DE LA TUBERIA.

Se encuentran registrados en catálogos de tuberías más de 200 tipos de diferentes materiales, pero solamente se fabrican en el País aproximadamente 40 tipos de diferentes materiales y los más comunes son los que se citan a continuación.

Acero al carbón, acero inoxidable, Cromo-Molibdeno, Hierro forjado, Cobre, latón, Aluminio, Aleaciones base Niquel, etc.

1.5 SELECCION DE MATERIAL

La selección del material para un determinado servicio puede ser muy complicado, especialmente cuando la corrosión es un factor muy importante y con más de 3000 aleaciones de materiales para resolverla. Pero en forma general, hay factores que influyen en la selección del material como son los siguientes:

- 1).- Propiedades mecánicas adecuadas (resistencia a la tracción impacto, fatiga, maleabilidad, etc.)
- 2).- Costo
- 3).- Características de fabricación (doblado, estirado, etc.)

- 4).- Resistencia a la corrosión y/o erosión.
- 5).- Disponibilidad en el mercado y en forma apropiada.
- 6).- Soldabilidad
- 7).- Características térmicas y eléctricas.
- 8).- Características especiales como baja densidad, magnetismo o requerimientos nucleares.
- 9).- Resistencia a la baja temperatura y ductibilidad.

Algunos de estos factores serán más importantes que otros para algún tipo en particular de problema.

1.6 ACCESORIOS PARA TUBERIAS

Descripción de bridas y usos:

1.- Brida Roscada.

Es una brida que va roscada a la tubería y no necesita soldadura a menos que el sistema trabaje más de 300 lb/in^2 (21 kg/cm^2), y se recomienda en estos casos aplicar un cordón de soldadura por seguridad en la conexión roscada. Este tipo de brida se recomienda entonces para baja presión y temperatura. Es muy útil por su rapidez en el montaje. Es muy susceptible de goteo ó fuga y no es económico su uso para diámetros mayores de 6" (0.15 mts.) Ver Fig. 1.1

2.- Brida Deslizable.

Este tipo de brida se conoce como SLIP-ON y se desliza sobre el diámetro exterior del tubo, que coincide con el diámetro interior de la brida, se fija aplicando una soldadura exterior entre la brida y el tubo y una soldadura interior como sello para evitar la corrosión. Se recomienda para servicios de presión y temperatura moderada, pero su resistencia es menor que la de cuello así como su promedio de vida. (Ver Fig. 1.1)

3.- Brida de Cuello Saldable.

Es una brida que termina en un cuello cónico. Su diámetro interior coincide con el diámetro interior de la tubería. La disminución progresiva por ser cónica hace que se produzca una buena distribución de fatigas. Se usa para servicios de condiciones severas, tales como: alta presión y temperatura, servicios de fluidos inflamables y de fluidos tóxicos. (Ver Fig. 1.1)

4.- Brida Loca.

En este tipo de brida solo hay contacto de fluido con la tubería, ya que se usa un casquillo en el extremo de la tubería. La fatiga es de un décimo comparada con la de cuello soldable. Se usa en servicios corrosivos, donde se requiere frecuentes inspecciones y desmontajes, se utiliza también en diámetros mayores de 12" (0.304 mts.), donde la posibilidad de girar la brida es importante.

Se debe evitar para condiciones que impliquen fatigas de flexión. Se puede utilizar de acero al carbón, cuando la tubería sea de acero inoxidable ya que ésta no está en contacto con el fluido. (Ver Fig. 1.1)

5.- Brida de Inserto Soldable.

En esta brida la tubería se ajusta en un rebaje en el interior de la brida y se fija mediante un cordón de soldadura exterior. Se usa en diámetros pequeños que operan con altas presiones, se recomienda aplicar una soldadura interior como sello ya que con esto aumenta considerablemente la resistencia a la fatiga, con la misma resistencia estática. (Ver Fig. 1.1)

6.- Brida Ciega.

Esta brida es completamente cerrada y sirve como tapón u obstáculo en los extremos de tuberías o cabezales, lo cual permite desmontar y montar con facilidad para limpieza o ampliación del sistema. Para casos de servicios corrosivos o tóxicos se recomienda montar una válvula antes de la brida ciega ya que esto permitirá continuar con el sistema sin sacar de servicio el existente y disminuir el peligro para los trabajadores.

7.- Brida Reducción.

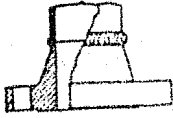
Son bridas cuyo orificio central es menor que el correspondiente a su diámetro interior. Su uso es la reducción de diámetro. No se recomienda por su caída de pre---

sión por lo que se deben usar para presiones y temperaturas bajas. Se encuentran roscadas, delizables y de cuello soldable. (Ver Fig. 1,1)

8.- Brida de Cuello Largo.

Son como una de cuello soldable, pero más largas. Se usan para boquillas de equipos y sistemas de temperaturas altas, resisten impacto y esfuerzos por vibración.

FIGURA No. 1.1. TIPOS DE BRIDAS.



CUELLO SOLDABLE



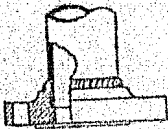
DESALZABLE



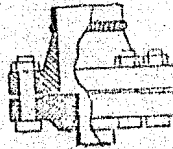
ROSCADA



A TRASLAPE O LOP



INSERTO SOLDABLE



ROSCADA REDUCCION

1.7 DESCRIPCION DE LAS CARAS DE LAS BRIDAS

Cara Realzada

Esta cara es la de mayor uso en estas bridas es idéntica, teniendo un realce de 1/16 pulgada para el rango hasta 300 libras (21 kg/cm^2) y 1/4 de pulgada para los rangos mayores. Se utiliza principalmente para servicios y temperaturas moderadas. (Ver Fig. 1.2)

Cara Junta de Anillo

La cara tiene una ranura cóncava y se le coloca un anillo convexo como sello que generalmente es del mismo material. Se utiliza para servicios de alta presión y temperatura, es difícil de dañar durante el montaje. (Ver Fig. 1.2)

Cara Hembra y Macho

Es un juego de este tipo de bridas una cara es hembra y tiene un pequeño rebaje con una profundidad de 1/16 de pulgada y la otra cara es macho con un realce de 1/4 de pulgada, se utiliza en paquetes metálicos como sello, debido a la compresión a que se puede someter la junta. En ellas existe poca probabilidad de fuga; se usan en servicios especiales que requieren una junta retenida. (Ver Fig. 1.2)

Cara de Lengua y Ranura

Las hay de 2 tamaños chica y grande. El fluido no en

tra en contacto con la junta, se utiliza en sistemas de refrigeración, amoníaco y nitrógeno. Da una mayor eficiencia con juntas planas. (Ver Fig. 1.2)

Cara Plana

Este tipo de cara no tiene realce. Se usa cuando se tienen presiones y temperaturas bajas, es muy usada en bombas, se acoplan con válvulas y accesorios de hierro fundido de clase 125 y 250 libras. (Ver Fig. 1.2)

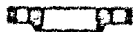
1.8 MATERIALES DE BRIDAS

Existen bridas de acero al carbón, de aleación y de fierro fundido. Las primeras son utilizadas en tuberías de proceso y de las de fierro fundido se utilizan generalmente en drenajes o en accesorios ferrosos.

Las bridas de acero al carbón y aleación, las hay de 150, 300, 400, 600, 900, 1500 y 2500 PSIG, para presiones mayores no se recomiendan conexiones bridadas ya que son muy factibles de fugas.

Para seleccionar el tipo de acero, es necesario consultar la tabla (1.3), de este grupo se puede escoger el acero de la brida y de acuerdo a las tres formas de fabricación; forja, fundición y placa.

FIGURA No. 1.2. - TIPOS DE CARAS PARA BRIDAS.



CARA PLANA



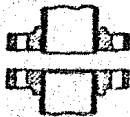
CARA REALZADA



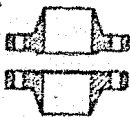
CARA TRASLAPADA



CARA JUNTA DE ANILLO



MACHO Y HEMBRA (pequeño)



MACHO Y HEMBRA (pequeño)



MACHO Y HEMBRA (grande)



LENGUA Y RANURA (grande)



LENGUA Y RANURA (pequeño)

FIGURA No. 1.3.- LISTA DE MATERIALES APLICABLE A LA -
ESPECIFICACION ASTM.

GRUPO 1		FORMAS DEL PRODUCTO		
MATERIAL GRUPO	ACERO DESIGNACION NOMINAL	FORJA	FORJADO	PLACAS
		E SPEC. GR	E SPEC. GR	E SPEC. GR
1.1	CARBON	A 105	A 114 - MCB	A 158 - 70
		A 105 - B		A 158 - 70
		A 360 - LP2		A 158 - 70
1.2	Carbon 2-1/2% Ni 3-1/2% Ni	A 350 - LP2	A 350 - LP2	A 350 - 70
			A 350 - LP2	A 350 - 70
			A 350 - LP2	A 350 - 70
1.3	Carbon	A 307 - 1		A 307 - 70
		A 350 - LP1		A 350 - 70
1.5	C-1/2 Mn	A 105 - F1	A 114 - MCB	A 158 - 70
			A 360 - LP1	A 158 - 70
1.7	C-1/2 Mn 1/2 Cu - 1/2 Mn Mn-Cu-1/2 Mn Mn-Cu-1/2 Mn	A 350 - F1		A 350 - 70
			A 350 - MCB	A 350 - 70
			A 350 - MCB	A 350 - 70
1.8	Ni - 1/2 Cu 1/2 Ni - C - 1/2 Mn	A 350 - F1		A 350 - 70
			A 350 - MCB	A 350 - 70
1.10	3-1/2 Ni - 1/2 Mn	A 350 - F1	A 350 - MCB	A 350 - 70
1.11	Ni - 1/2 Mn	A 350 - F1	A 350 - MCB	A 350 - 70
1.14	BCI - 100	A 350 - F1	A 350 - MCB	A 350 - 70

1.9 SELECCION DE BRIDA

Para realizar la selección de una brida, el primer paso es que el material de la brida será del mismo material de la tubería.

Se toma por ejemplo tubería de acero al carbón ASTM - A-105 Grado B, por ser su uso de los más frecuentes.

Para seleccionar el tipo de acero al carbón, es necesario consultar la tabla (1.3), de la cual se elegirá el grupo (1.1), (aceros al carbón), de este grupo se puede escoger el acero de la brida de acuerdo a las tres formas de fabricación: forja, fundición y placa.

La selección del tipo de fabricación es relativamente sencilla para el caso de estas bridas, ya que generalmente son más utilizadas las bridas forjadas en plantas industriales; esto se debe a que se pueden encontrar con facilidad en el mercado del País, así como su economía en diámetros pequeños. La fundición es muy especial y no se encuentra tan fácil, mientras que la placa es muy utilizada en diámetros muy grandes. Por lo que se eligirá las bridas de acero forjado.

De acuerdo a la tabla (1.3), con el grupo (1.1) y considerando forja, se coincide con el material acero al carbón ASTM A-105.

De acuerdo a la especificación ASIM, este tipo de acero contiene 0.035% de carbono y sus límites de temperatura oscilan de -28.9 a 537.8°C.

Para encontrar el tipo y cara de la brida, de acuerdo a la descripción que se hizo anteriormente, es necesario adaptarse a las necesidades que se tengan, pero como se hizo mención la brida que se recomienda por su buena resistencia a la fatiga carencia de fugas y realzada.

Para las dimensiones de la brida, basta consultar un catálogo de algún fabricante o bien consultar el código ANSI B 16.5.

Por lo tanto consultando el código antes mencionado por ejemplo, las dimensiones de una brida de cuello soldable cara realzada de 150# 76.2 mm. (3 pulgadas), de diámetro se muestra en la figura (1.4).

CAPITULO II

2.1 DESCRIPCION DE LOS EMPAQUES DE LAS BRIDAS

Un empaque es una pieza sellante de la unión de dos bridas y pueden ser diferentes materiales, pero en todos los casos, se puede adaptar a la forma de las caras de las bridas.

Cuando se selecciona un empaque, es necesario tener en cuenta 3 factores que son los siguientes:

- 1).- El torque que se debe aplicar a los espárragos o pernos, y se debe considerar que el material del empaque debe ser más blando que la cara de la brida. El torque del apriete debe ser suficiente para hacer que selle el empaque y lograr un adecuado asentamiento, el torque naturalmente varía con el tipo y material del empaque, aunque normalmente cuando se trata de manejar alta presión y temperatura el fabricante da información para saber el rango del torque.
- 2).- Las presiones y temperaturas internas.
La fuerza total del perno también debe compensar las presiones y temperaturas interiores que darán contra el cierre.
- 3) - Las características del fluido que se deba sellar y su

efecto sobre el material del empaque.

En general los empaques no metálicos y los metálicos de bajo punto de fusión soportan temperaturas de menos de 121°C; los de asbesto, parcial o totalmente reforzados resisten hasta 454°C a temperaturas más altas, los empaques enteramente metálicos dan buen resultado.

Los materiales de los empaques se dividen en dos grupos que son los metálicos y no metálicos.

2.2 1). - No metálicos

Caucho:

Tiene una dureza de hasta 80 grados Brinell, se usa para vapor y gas de baja presión, así como para ciertos álcalis y ácidos, pero no se recomiendan para ácidos fuertes, aceite ni derivados del petróleo. En baja presión puede llegar a soportar hasta -40°C y 180°C.

Neopreno:

Es el caucho más resistente a los aceites, productos químicos e intemperie.

Asbesto:

Es un material que se usa para manejar fluidos con temperaturas moderadas. Para algunos servicios puede obtenerse asbestos combinados con materiales metálicos. No es

recomendable para utilizarse con vapor a presiones de más de 4 kg/cm^2 (56.8 lb/in^2) y tampoco para usos prolongados de vapor.

Cuero:

Se utilizan para presiones bajas y temperaturas de -56°C a 105°C , no sirven para vapor, ácidos, ni álcalis, se usan para sellos estáticos en bridas de cara realizada.

Plásticos:

Existe un material plástico de fluorocarbonato -- (teflón). Estos materiales son muy resistentes a los ácidos, impermeables al agua y no se pegan a las superficies en contacto, resisten -196°C a 260°C de temperatura.

Armalón:

Es un material blando hecho de fieltro de fluorocarbonado impregnado de teflón, resisten el ataque de productos como Acido Sulfúrico, Clorhídrico y Amoniaco. Resistente a temperaturas de -73°C a 204°C . Es relativamente costoso pero muy durable y por ser blando sella perfectamente en las superficies de contacto.

Vitón:

Es un caucho sintético, ideal para aceites combustibles y disolventes a temperaturas de 204°C .

Silicón:

Es un material semiorgánico, es resistente a la oxidación y a la intemperie, así como a los ácidos de alto punto de ebullición. Se recomienda para bajas presiones y hasta 260°C, pero no se recomienda para sellar gasolinas, benceno, tolueno y otros productos derivados del petróleo.

2.3 2).- Empaques metálicos

Se utilizan en presiones y temperaturas altas. El metal a utilizar depende de los efectos de corrosión y del límite de temperatura de cada metal.

Aluminio:

Se usa para sellar gases calientes cargados de azufre y de baja presión. Resiste hasta 426°C y se le forma una película para protección de la corrosión, pero dicha película no protege contra ácidos, ni álcalis.

Latón y Cobre:

Son usados para servicios múltiples. Son resistentes a la corrosión y resisten 260 y 316°C, respectivamente a menos que se oxide el cobre. Se vuelve quebradizo al tener contacto con Hidrógeno, monóxido de Carbono, ácidos oxidantes, Cloro y otros gases.

Hierro y aceros de bajo contenido de carbono:

Para 0,2% y menos contenido de carbono, son apropiados para presiones altas y temperaturas hasta 538°C. Sirven para sellar casi todo tipo de fluido, excepto productos derivados del petróleo

Pbomo:

Resiste el ataque a la corrosión y temperaturas hasta de 100°C.

Monel:

Es una mezcla de Niquel y Cobre. Sirve para ácidos alcalis y vapor a una temperatura de hasta 516°C, los ácidos muy oxidantes y el ácido Clorhídrico concentrado lo atacan en presencia de gases sulfurados. Se vuelve quebradizo a más de 260°C. El vapor a más de 427°C puede causar le corrosión por fatiga.

Níquel:

Es menos resistente que el monel, pero tiene la ventaja de resistir Cloro a 510°C. Se conserva en atmósferas oxidantes a temperaturas de hasta 760°C. Se vuelve quebradizo con vapor a 445°C.

Acero Inoxidable:

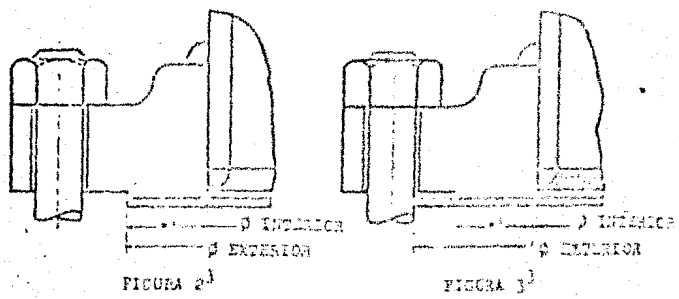
Con porcentajes de 11.5 a 15.5% de Cromo, son más resistentes que el Hierro a la corrosión y se recomienda para temperaturas de 740°C. El acero inoxidable 302 resiste

la oxidación a 649°C y 410 a 704°C,

Acero Inoxidable al Cromo Níquel Austenítico.

Con 16 a 20% de Cromo y de 8 a 10% de Níquel, el tipo 304 es el empaque más común para servicios corrosivos a temperaturas de 427°C, desarrolla corrosión intergranular.

FIGURA No. 2.1. - GRUPO No. 1 DE EMPUJES.



Diámetro nominal	W	FIGURA 2				FIGURA 3							
		Diámetro exterior	Diámetro interior	Diámetro exterior	Diámetro interior	100	120	140	160	180	200	220	240
6	0.27	0.54	1.30	0.84	1.80	2.27	2.52	2.77	3.02	3.27	3.52	3.77	4.02
8	0.31	1.28	1.69	1.06	2.29	1.62	1.75	1.87	2.00	2.13	2.25	2.38	2.50
10	0.38	1.31	2.20	1.41	2.52	1.58	1.68	1.78	1.88	1.98	2.08	2.18	2.28
12	0.44	1.45	2.50	1.58	2.83	1.55	1.65	1.75	1.85	1.95	2.05	2.15	2.25
16	0.57	1.91	3.34	1.71	3.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2
20	0.67	2.24	3.62	2.28	3.83	1.48	1.58	1.68	1.78	1.88	1.98	2.08	2.18
24	0.67	2.82	4.12	2.58	4.48	1.42	1.52	1.62	1.72	1.82	1.92	2.02	2.12
30	0.75	3.52	5.20	3.20	5.15	1.35	1.45	1.55	1.65	1.75	1.85	1.95	2.05
36	0.75	4.20	5.95	3.65	6.28	1.28	1.38	1.48	1.58	1.68	1.78	1.88	1.98
40	0.84	4.50	6.18	4.08	6.62	1.22	1.32	1.42	1.52	1.62	1.72	1.82	1.92
48	0.88	5.95	7.31	5.15	7.75	1.15	1.25	1.35	1.45	1.55	1.65	1.75	1.85
50	0.78	6.62	8.10	6.02	8.33	1.08	1.18	1.28	1.38	1.48	1.58	1.68	1.78
60	1.00	8.75	10.57	8.07	11.27	1.02	1.12	1.22	1.32	1.42	1.52	1.62	1.72
72	1.12	12.75	15.78	10.55	17.28	0.95	1.05	1.15	1.25	1.35	1.45	1.55	1.65
84	1.22	14.00	18.27	12.07	19.75	0.88	0.98	1.08	1.18	1.28	1.38	1.48	1.58
100	1.35	18.00	24.50	16.40	26.67	0.82	0.92	1.02	1.12	1.22	1.32	1.42	1.52
120	1.35	17.00	21.00	18.20	21.77	0.75	0.85	0.95	1.05	1.15	1.25	1.35	1.45
140	1.30	23.00	27.00	23.75	27.75	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40
160	1.62	24.00	31.25	24.75	31.75	0.65	0.75	0.85	0.95	1.05	1.15	1.25	1.35

Todas las dimensiones son en milímetros.

CAPITULO III

3.1 ACCESORIOS DE TUBERIAS

Dentro de la inversión de una planta, se estima que las válvulas representan sobre el 81 del costo total.

Las condiciones en la que se va a operar una válvula, determina las características de construcción de ésta, tales como temperatura, presión, fluido a manejar, etc.

3.2 FACTORES DE SELECCION

En la selección de una válvula se considera lo siguiente:

a).- Diseño básico

- Permitir o interrumpir el flujo
- Regular o estrangular el flujo
- Prevenir el retroceso del flujo
- Aliviar o regular el flujo

b).- Presión y temperatura

Como una válvula es un recipiente sujeto a presión, su construcción se determina por los esfuerzos provocados en el material. La temperatura modifica la resistencia a la presión de la válvula y por otra parte se encuentra sometida a los esfuerzos provocados por la

construcción y dilatación de las tuberías.

c).- Fluido a ser manejado

Líquido o gas

Homogéneo o con sólidos en suspensión

Permanece líquido el fluido, se cristaliza o vaporiza durante el trayecto

Es corrosivo, erosivo o ambos casos

d).- Condiciones de funcionamiento.

Velocidad del fluido a través de la válvula

Frecuencia y operación

Vibración de la línea en donde se encuentra instalada la válvula.

3.3 CLASIFICACION DE LAS VALVULAS

Las válvulas se pueden clasificar dependiendo de su función en:

- 1).- Para abertura o permitir flujo
- 2).- Para regular o estrangular el flujo
- 3).- Para prevenir el retroceso del flujo

Los tipos de válvulas más comunes son los siguientes:

- | | |
|--------------|----------|
| a) Compuerta | d) Globo |
| b) Mariposa | e) Bola |
| e) Retención | f) Aguja |

A continuación se enumeran las partes elementales de una válvula de compuerta figura (3.1), cuyos elementos tienen cierta similitud con la válvula de globo y bola.

1).- Cuerpo

Es lo que contiene el elemento obturador y a las entradas de las válvulas.

2).- Bonete

Esta parte une al cuerpo con elementos operadores como el vástago y el volante.

3).- Disco

Es el elemento que obtura el flujo.

4).- Vástago

Es el mecanismo que conecta al operador (volante) y al elemento de operación (disco).

5).- Asiento

Es la parte que realiza el sello junto con el disco para obturar el flujo.

Los elementos mencionados constituyen las principales de una válvula de compuerta habiendo diferencias en los tipos de diseño de cada elemento. (Ver Figs. 3.2, 3.3 y 3.4.)

Otros accesorios de tuberías, son aquellos elementos de unión entre tramos rectos de tubería como: codos, tee,

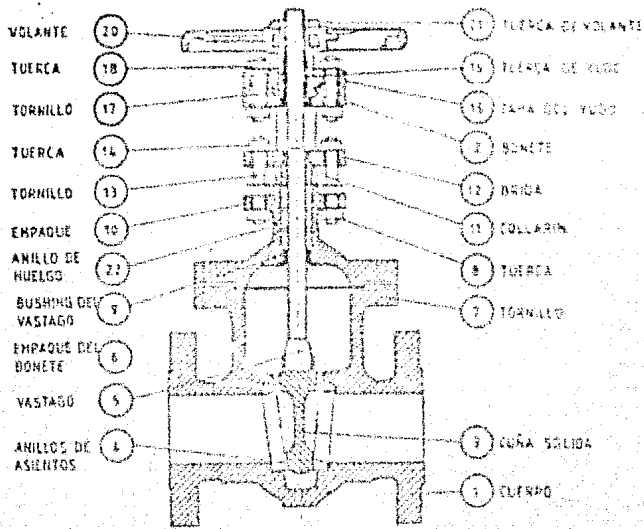
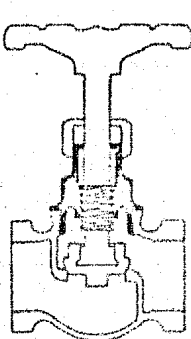
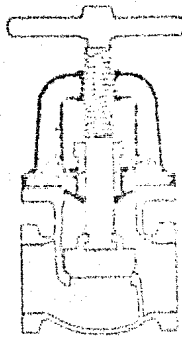


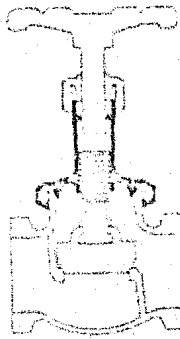
FIGURA No. 3.1. - PARTES DE UNA VALVULA DE COMPUERTA.



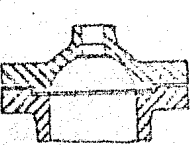
(a) Bonete sencillo



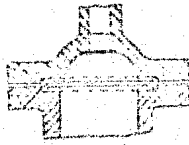
(b) Bonete adaptado a tornillo



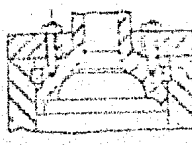
(c) Bonete de union flotante



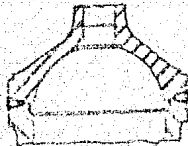
(d) Bonete adaptado sin perno



(e) Bonete adaptado con gacha de brida



(f) Bonete de union a la cacerola



(g) Bonete volante

FIGURA No. 3.2.- BONETES PARA VALVULA DE COMPUERTA.

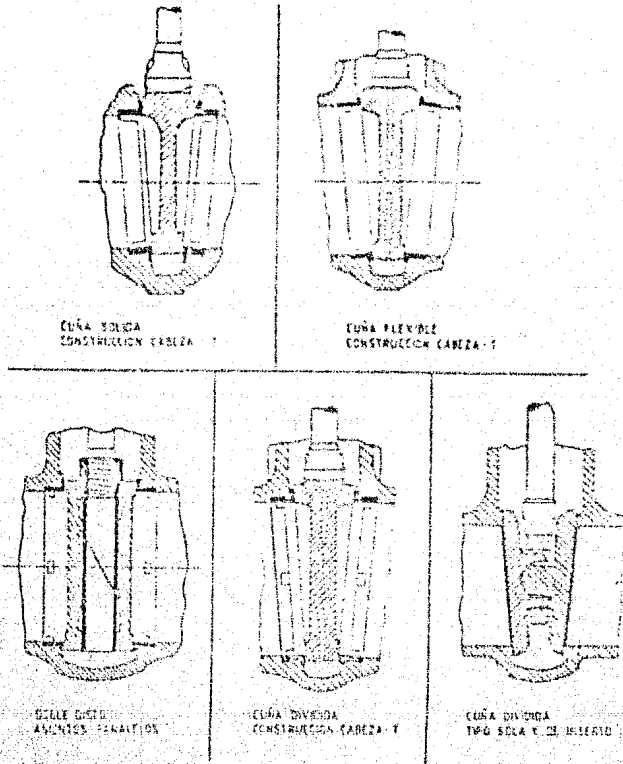
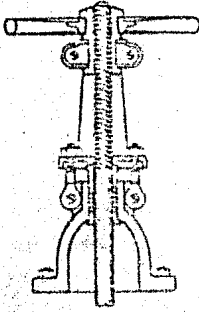
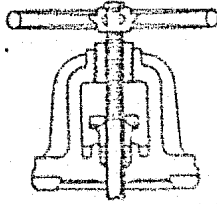


FIGURA No. 3.3.- DETALLES DE DISCOS, CUÑAS Y ASIENTOS DE VALVULA DE COMPUERTA.

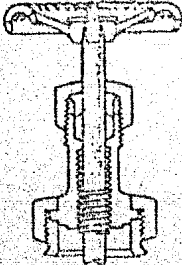


(a) El volante perpendicular al eje del vástago

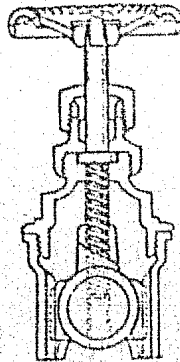


(b) El volante paralelo al eje del vástago

Muelle secundario - Bases anterior con tornillos (O 2 & 7)



(c) Muelle secundario - Bases anterior



(d) Muelle no secundario - Bases anterior

FIGURA No. 3.4. - VASTAGOS PARA VALVULAS.

reducciones, tapones, etc. El tipo de accesorio deberá estar de acuerdo con el tipo de tubo, con respecto al material, tipo de unión (roscada, soldable a tope y soldable insertado).

3.4 TRAMPAS DE VAJOR

Uno de los accesorios más importantes son las trampas de vapor, por lo que veremos a continuación un estudio adecuado a ellas.

Los problemas inherentes al manejo de vapor son: la formación y acumulación de condensados y a la presencia de aire y gases no condensables como el hidrógeno y monóxido de carbono.

El condensado formado en una línea de vapor genera una baja en la eficiencia del sistema y puede ocasionar problemas graves como son: la corrosión y el golpe de ariete. Es por esto que se hace necesario la eliminación en alguna forma.

El aire puede entrar a un sistema de la caldera, ya sea por el agua de repuesto al ciclo o puede ser succionado por causa de la condensación del vapor al parar un sistema.

Este aire puede ser nocivo por las siguientes razones:

- 1).- Cuando se mezcla con vapor, reduce la temperatura de saturación debajo de lo que deberá ser para esa presión.
- 2).- Reduce el gasto de vapor que entra al equipo. El vapor entra tan rápido como se desaloje el aire.
- 3).- El aire mezclado con bióxido de carbono y agua puede causar corrosión muy severa.
- 4).- El aire no es buen conductor de calor y al formarse con el vapor forma una capa aislante que es difícil de manejar.

Con respecto a los gases incondensables, estos pueden producirse en pequeñas cantidades, debido a reacciones químicas que se producen en el agua de caldera durante su ebullición.

Por lo anterior, es necesario un dispositivo que resuelva estos problemas y es la trampa de vapor, la cual debe ser capaz de:

- 1).- Eliminar el condensado y retener el vapor
- 2).- Eliminar aire y gas rápidamente, especialmente al arrancar.
- 3).- Debe efectuar la remoción de condensado, aire y gas respondiendo al cambio de condiciones de la línea.

En conclusión una trampa de vapor, es un dispositivo que permite la salida de condensado y retiene el vapor, funcionando como una válvula automática de condensado.

Existen 3 clases de trampas de vapor que son:

a).- Trampas Mecánicas

Esta clase de trampas opera por el cambio de estado del fluido que llega a la trampa, aprovechando la diferente densidad del líquido y vapor para accionar la trampa. De esta clase las más importantes son:

- 1).- Trampa de Flotador
- 2).- Trampa de Cubeta Abierta
- 3).- Trampa de Cubeta Invertida
- 4).- Trampa de Flotador y Termostática

b).- Trampas Termostáticas

Estas trampas aprovechan la temperatura del líquido que llega a la trampa para accionar un dispositivo, ya sea mediante dilataciones y contracciones de un elemento; abren al condensado más frío y cierran cerca de la temperatura de vapor.

Las trampas termostáticas más importantes son:

- 1).- Trampa de expansión metálica
- 2).- Trampa de presión balanceada
- 3).- Trampa de expansión de líquidos
- 4).- Trampa de expansión bimetalica
- 5).- Trampa de diafragma
- 6).- Trampa de tipo Bourdon

7).- Trampa de fuelle metálico

c).- Trampas Termodinámicas

Este tipo de trampas opera utilizando la diferencia que hay entre vapor y condensado caliente, es decir, aprovecha la vaporización de condensado caliente con baja presión, para poder abrir o cerrar la trampa. Se recozanda cuando existe golpe de ariete.

Las trampas termodinámicas que se conocen son:

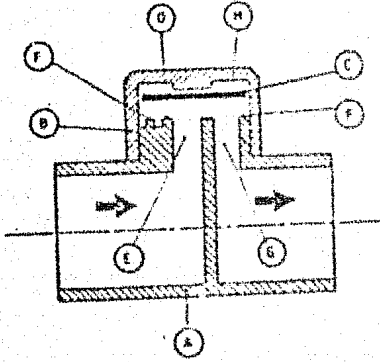
- 1).- Trampa de orificio
- 2).- Trampa de laberinto
- 3).- Trampa de impulso
- 4).- Trampa de disco controlado

A continuación se dan las consideraciones para seleccionar una trampa y una tabla para guía (Fig. 3.5)

- 1).- Análisis del proceso que se va a realizar, tomando en cuenta las condiciones de operaciones.
- 2).- Tipo de condensado que se va a manejar.
- 3).- Presión
- 4).- Gasto de condensado
- 5).- Capacidad de manejo de aire y gases no condensables
- 6).- Costo inicial y mantenimiento
- 7).- Espacio disponible y peso

GUIA Y SELECCION DE TRAMPAS DE VAPOR		
APLICACION		
Serpentines, calentadores de aire		
Presión baja y media	Flotador y termostática	Termodinámica
Presión alta		
Intercambiadores de coraza y tubos		
Pequeños - Alta presión	Termodinámica	Flotador y termodinámica
Grandes - presión media	Flotador y termostática	
Rehervidores	Flotador y termostática	
Recipientes encaquetados con vapor		
Alta presión	Termodinámica	Flotador y termostática
Baja presión	Flotador y termostática	Termodinámica
Líneas de vapor		
0 - 103.3 KPa	Flotador y termostática	
110.2 KPa - 860.8 KPa	Termodinámica	Flotador y termostática
867.7 KPa-4.1 MPa	Termodinámica	Cubeta invertida
Radiadores de vapor	Termostática	Termodinámica
Separadores de vapor		
0 - 103.3 KPa	Flotador y termostática	
110.2 KPa-860.8 KPa	Termodinámica	Flotador y termostática
867.7 KPa-4.1 MPa	Termodinámica	Cubeta invertida
Venas de vapor	Termodinámica	expansión de líquidos.

FIGURA No. 3.5.- TABLA PARA SELECCION DE TRAMPAS DE VAPOR.



- A - CUERPO
- B - TAPA
- C - DISCO
- D - ASIENTO INTERIOR
- E - ORIFICIO DE ENTRADA
- F - ASIENTO EXTERIOR
- G - ORIFICIO DE SALIDA
- H - CAMARA

FIGURA No. 3.6. - TRAMPA TERMODINAMICA DE DISCO ESQUEMA TIPICO.

El principio de operación es el siguiente:

Inicialmente cuando el condensado frío entra en la trampa, este empuja el disco (c) hacia arriba y sale por orificio (G) descargándose; cuando comienza a llegar condensado muy caliente y vapor el flujo de alta velocidad que sale por la periferia del disco en (D), hacia arriba la cámara (H), tiende a reducir en la parte inferior del disco, al hacer que parte del condensado que vaporiza al fluir hacia arriba a una alta velocidad, golpea contra la pared lateral de la cámara (H), tiende a reducir en la parte inferior del disco, al hacer que parte del condensado se convierta en vapor, al mismo tiempo el condensado que vaporiza al fluir hacia arriba a una alta velocidad, golpea contra la pared lateral de la cámara (H), haciendo que el aumento de presión en la cámara dispare al disco a su posición de cierre.

El disco permanece en la posición de cierre, hasta que la presión dentro de la cámara caiga debido a la condensación dentro de ella, entonces cuando baja la presión de ella, el disco sube y se repite el ciclo.

Para saber el material y libraje de la trampa, se recomienda usar el mismo material de tubería y presión de diseño.

CAPITULO IV

En este capítulo se calculará el diámetro de una tubería, el espesor del tubo, cálculo del factor de la fricción, de la caída de presión y un chequeo hidráulico. Esto tiene por finalidad estudiar los principales factores con que se encuentra el Ingeniero o la persona que está relacionada con el área de tuberías.

Se tomará por ejemplo, una línea de 3 pulgadas de diámetro para vapor de baja presión y 30,48 m (100 pies) de longitud. Se anexa un dibujo como ejemplo de una línea con carácter meramente orientativo (fig. 4.1).

Como las condiciones para vapor de baja presión no son muy severas, por lo general el acero al carbón es el material más adecuado para este tipo de fluido, sin embargo para saber si la selección del material es el adecuado, es necesario hacer una comparación con la tabla (4.1), en el apéndice, en la que se encuentran materiales para tubería y su relación de costo, en base a un acero al carbón ASTM A-53 sin costura.

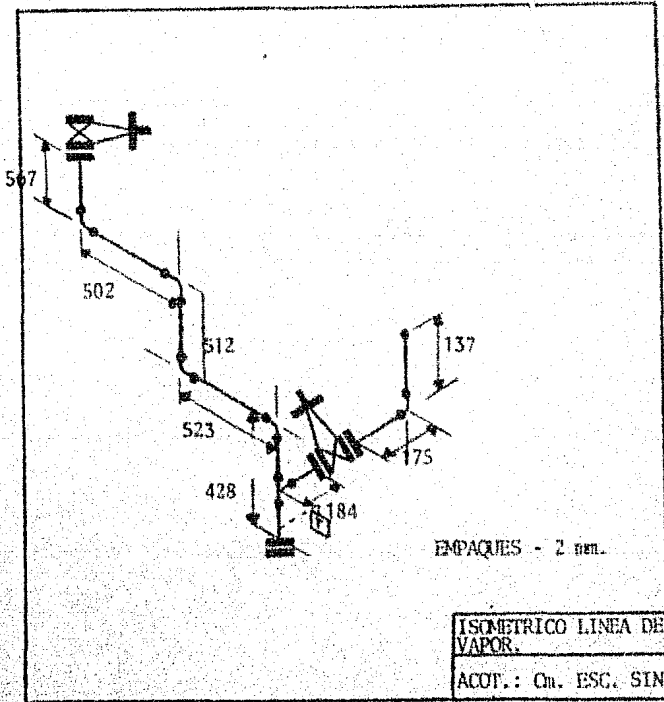


FIGURA No. 4.1.- ISOMETRICO DE UNA LINEA DE VAPOR TOMADA COMO EJEMPLO ILUSTRATIVO.

De esta tabla se resalta que el acero ASTM A-53 es el más económico y se encuentra en dos grados diferentes; grado (A) y grado (B).

El grado (A), es menos costoso que el grado (B) para todos los materiales, pero menos resistente.

Se va a suponer una presión de 20.57 Pa temperatura de 102°F se elegirá acero al carbón ASTM A-53 grado (B) sin costura.

Se pudo haber elegido el mismo acero con costura pero soporta menos presión y provoca problemas de corrosión, así como una caída de presión.

4.1 SELECCION DEL DIAMETRO DEL TUBO

Es necesario hacer este cálculo para saber si no hay restricciones de velocidad o caída de presión.

Se recomienda para vapor tomar una caída de presión permisible del 0.5% por cada 100 pies - (30.48 metros) de longitud de tubería.

Se va a tomar entonces una tubería de 3 pulgadas de diámetro nominal.

4.2 CALCULO DEL ESPESOR DEL TUBO

De acuerdo con el código ANSI B 31.1 el espesor mínimo requerido para una tubería está dado por la expresión siguiente:

$$t_m = \frac{P D_o}{2S + 2yP} + C \quad (4.1)$$

Los términos se definen como:

- t_m = Espesor mínimo de tubería (m)
- P = Máxima presión interna de servicio (Pa.man)
- D_o = Diámetro externo del tubo (m)
- S = Esfuerzo máximo permisible del material relacionado a la temperatura de diseño (Pa)
- y = Coeficiente para aceros ferríticos y austeníticos.
- C = Espesor adicional por corrosión (m)

Entonces el cálculo se realiza como sigue:

Presión P = 20.57 Pa

Temperatura T = 102°F

Material ASTM A-53 sin costura grado (B)

P = 140 PSI

D = 3.5 (pulgadas) diámetro nominal

S = 15,000 Pa B 31.1 Pag. 77 Ed. 1973 ANSI

C = 0.065

Entonces

$$\begin{aligned}T_m &= \frac{P \cdot D}{2S + 2y \cdot P} + C \\&= \frac{20.57 \times 3.5}{2(15,000) + 2 \times 0.4 \times 20.57} + 0.065 \\&= 0.0651\end{aligned}$$

Menos 12.5% para seguridad por espesor de pared por tolerancia de fabricación, para obtener el espesor nominal (tn).

$$T_n = \frac{t_m}{100\% - 12.5\%} = \frac{0.081}{.875} = 0.074$$

De la tabla 4.1 en el apéndice, la tubería de 3 pulgadas de diámetro, cédula 40 el espesor de pared es 0.2167.

Esto es mayor que 0.0651 es decir 0.2167 > 0.0651.

Con esto se comprueba que dentro del rango permitido de seguridad.

4.3 SELECCION DE LA CEDULA DEL TUBO.

En la selección de la cédula del tubo es necesario hacer el cálculo anterior, consultar la tabla 4.1 para ver el espesor de pared de acuerdo con el diámetro de tubería y escoger el inmediato superior.

4.4 CALCULO DE LA CAIDA DE PRESTION.

La caída de presión en la tubería debido a la fricción será la definida por medio de la ecuación de DARCY, en la siguiente expresión:

$$AP = 6.253 \times 10^{-8} f \left(\frac{L}{D}\right) \frac{W^2}{D^5 P} \quad (4.2)$$

Donde los términos son los siguientes:

AP = Caída de presión debido a la fricción (Pa)

f = Factor de fricción (contenida en la gráfica MOODY).

W = Cantidad de flujo (KG/HR)

P = Densidad de fluido (KG/M³)

D = Diámetro interno del tubo (m)

L = Longitud de la tubería (m)

4.5 CALCULO DEL FACTOR DE FRICCIÓN (f)

Para el cálculo de (f), se calcula primero el número de Reynolds, definido en la expresión siguiente:

$$Re = 353.81 \times 10^{-3} \frac{W}{Md} \quad (4.3)$$

Cuyos términos son:

Re = Número de Reynolds

W = Cantidad de flujo (KG/HR)

M = Viscosidad (c.p.)

d = Diámetro interno del tubo (mts)

Con las condiciones de operación que se tienen:

$$W = 520 \text{ Kg/Hr}$$

$$M = 0.0159 \text{ c.p.}$$

$$d = 0.078 \text{ m.}$$

Por lo tanto sustituyendo se tiene lo siguiente:

$$Re = \frac{353.81 \times 10^{-3} (520)}{0.0158(0.078)}$$

$$Re = 1.49 \times 10^5$$

Para obtener (f), falta obtener la rugosidad relativa, con un diámetro nominal de 3 pulgadas y considerando acero comercial como material de la tubería de la Fig.4.1, del apéndice se tiene.

$$E/D = 0.0006 \text{ (rugosidad relativa)}$$

Con (Re) y (E/D), de la figura (2) en el apéndice del (gráfico de MOODY), se tiene a (f) factor de fricción con el siguiente valor:

$$f = 0.02$$

Por lo tanto, de acuerdo a los datos obtenidos se procede al cálculo de las pérdidas de presión, debido a la fricción.

II.- CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION

De los datos obtenidos y de acuerdo a las condiciones de operación se tiene que:

$$\begin{aligned}W &= 520 \text{ Kg/Hr} \\P &= 2.93 \text{ Kg/m}^3 \\D &= 0.078 \text{ m.} \\f &= 0.02 \\L &= 30.48 \text{ (100 pies)}\end{aligned}$$

Por lo tanto sustituyendo en (5.2), se tiene lo siguiente:

$$AP = \frac{6.253 \times 10^{-8} (0.02) (30.48) (520)^2}{(0.078)^5 (2.93)}$$

$$AP = 1.21 \times 10^3 \text{ Pa}$$

CAPITULO V

ESTIMACION DE GASTOS

5.1 CONSIDERACION GENERAL

Debido a la situación económica del País, así como a la inestabilidad de precios unitarios de los elementos que constituyen una tubería y lo variable del costo de fabricación y montaje de la misma es muy difícil hacer una valoración exacta del costo de una línea de tubería.

Por lo que este capítulo solo se tomará como ejemplo con carácter orientativo una línea de 3"Ø (76.2 mm), la que comprenderá los precios unitarios de los principales elementos de la tubería, así como una estimación de gastos de fabricación y montaje de la línea. (Se anexa un dibujo como referencia simulando una línea (Ver fig. 4.1 pag.

5.2 ESTIMACION DE GASTOS

a).- Gastos por concepto de tubo.

Todos los precios están actualizados hasta febrero de 1985. El precio por concepto de tubo de 3 pulgadas (76.2 mm) de diámetro nominal, acero al carbón ASTM A-53 Grado B sin costura, cédula standard es:

$$CT = \$ 3835.5/m$$

La cantidad de tramo recto de tubo de una línea es:

$$L = 30.48 \text{ m.}$$

Por lo tanto el gasto por concepto de tubo es el siguiente:

$$GT = C_T L = 3835.5 (30.48) = \$ 116,906.04$$

b).- Gastos por concepto de accesorios.

La cantidad de accesorios es el siguiente:

- 5 codos de 90° radio largo.
- 1 tee recta.
- El material es ASTM A-234, Grado B.
- El tipo es soldable a tope de 76.2 mm. de diámetro nominal cédula standard.

Los precios unitarios son:

Codo radio largo: \$ 1,460.25
(T) recta: 4,058.10

Por lo tanto los gastos de accesorios son:

Codos 5(1,460.25) = \$ 7,301.25
(T) 1(4,058.1) = 4,058.10

Gastos de accesorios \$11,359.35

c).- Gasto por concepto de bridas

- 4 bridas de cuello soldable, acero al carbón ASTM A-105, 150 libras, 76.2 mm. de diámetro nominal.
- 1 brida ciega del mismo material, rango y diámetro.

Los precios unitarios son los siguientes:

Brida de cuello soldable: \$ 2,526.97
Brida ciega: 2,122.50

El gasto por concepto de bridas es el siguiente:

Brida de cuello: 5(2,526.97) = \$ 12,634.85
Brida ciega: 1(2,122.5) = 2,122.50

El gasto de bridas es: \$ 14,757.35

d).- Gastos de fabricación.

Los gastos de fabricación para acero al carbón se estiman que son iguales a la suma de los gastos de tubo, accesorios y bridas.

Por lo tanto los gastos de fabricación son los siguientes:

Gasto de tubo: \$ 116,906.04
Gastos de accesorios: 11,359.35
Gasto de brida: 14,757.35

Gastos de fabricación: \$ 143,022.74

e).- Gastos de montaje.

Los gastos de montaje en acero al carbón se estiman que son el doble del gasto de fabricación.

Por lo tanto, el gasto de montaje es el siguiente:

Gasto de montaje = $2(145,022.74) = \$ 286,045.48$

f).- Gasto por concepto de válvulas.

La cantidad de válvulas es la siguiente:

- 2 válvulas de compuerta de 76.2 mm. de diámetro nominal, acero al carbón A-216 WCB, de 150 libras, con extremos bridados.

- 1 trampa de vapor termodinámica de disco de 12.7 mm. (1/2 pulgadas) con accesorios.

Los precios unitarios son los siguientes:

Válvula de compuerta: \$ 54,914.30

(Arreglo) trampa: 18,000.00

Por lo tanto el concepto de válvulas y trampa es el siguiente:

Válvulas de compuerta $2(54,914.30) = \$ 109,828.00$

Trampa de vapor $1(18,000.00) = \underline{18,000.00}$

Gasto de válvulas y trampa es: \$ 127,828.60

g).- Gasto total

El gasto total del sistema montado es la suma de los resultados de los siguientes incisos:

$$\text{Gasto total} = a + b + c + d + e + f$$

Sustituyendo se tiene lo siguiente:

a).- Gasto de tubo	\$ 116,906.04
b).- Gasto de accesorios	11,359.35
c).- Gastos de bridas	14,757.35
d).- Gastos de fabricación	143,022.74
e).- Gastos de montaje	286,045.48
f).- Gastos de válvulas	<u>127,828.60</u>
g).- Gasto Total:	\$ 699,919.56

CAPITULO VI

SOLDADURA DE TUBERIAS

6.1 Concepto de soldadura.

Se denomina soldadura a la unión mediante fusión de dos metales, por cualquier tipo de proceso, para formar una pieza.

6.2 Tipos de soldadura.

- Soldadura homogénea: Es la unión de dos piezas metálicas iguales en su composición física y química, formando un conjunto similar (Ver fig. 6.1 a y b).

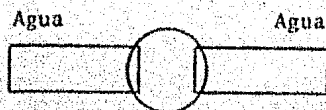


Fig. 6.1 a = Unión Homogénea

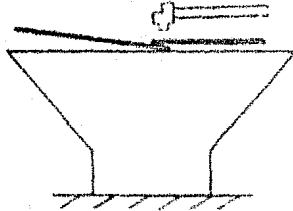


Fig. 6.1 b = Soldadura homogénea por forja y martillo.
(Temperatura al rojo vivo estado pastoso)

- Soldadura heterogénea: se le conoce también como soldadura falsa o por adhesión, se caracteriza por ser a temperaturas reducidas y el material de aporte es diferente del metal base.

Existen dos tipos; falsa soldadura blanda - donde el material de aporte es de menor resistencia a la tensión que el metal base, como la soldadura con Estaño y se utiliza cuando la función principal es la hermeticidad, la continuidad en cables eléctricos, etc.

- Falsa soldadura fuerte: Es cuando el material de aporte tiene mayor resistencia a la tensión que el metal base como fierro - colado soldado con bronce, latón o níquel, o Cobre soldado con la plata.

6.3 Procesos de soldadura.

La soldadura se aplica por diferentes procesos y hay que seleccionar el más económico y conveniente, por ejemplo; el Aluminio se solda por los siguientes métodos: Con gas oxiacetilénico, arco eléctrico con electrodo recubierto, arco eléctrico protegido con gas inerte, arco eléctrico de alta frecuencia protegido con gas inerte y arco metálico con gas inerte y semiautomático. La selección del proceso debe satisfacer las necesidades técnicas que se requieran, como resistencia mecánica, resistencia a la abrasión, resistencia química, etc.

1.- Soldadura por resistencia por puntos.

Se utiliza para soldar láminas de espesor reducido. (Ver fig. 6.2 a y b), consiste en utilizar dos electrodos cilíndricos.

dricos, casi siempre huecos para refrigerarse por medio de agua. Estos electrodos son las terminales secundarias de un transformador, las juntas que se obtienen son circulares del tamaño del electrodo, las láminas se sueldan una sobre otra o traslapadas, los electrodos hacen una presión sobre las láminas y en el lugar donde se desea el punto.

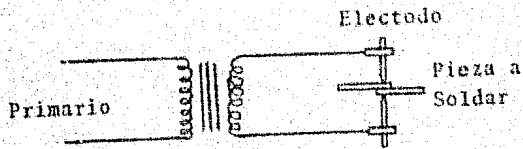


Fig. 6.2 a.- Transformador

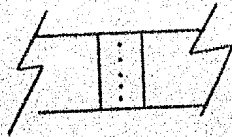


Fig. 6.2 b.-Puntos de soldadura

2.- Soldadura de costura por resistencia.

En esta soldadura se tiene una línea de unión, es decir, en lugar de tener electrodos cilíndricos, tiene ruedas por polos y a medida que pasa el material a soldar entre estas ruedas, se va uniendo. Se utiliza en industrias de manufactura de línea blanca, como tinajas de lavadoras recipientes de pared delgada etc. (ver fig. 6.3a y b).

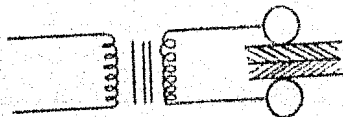


Fig. 6.3a.- Polos para unir.

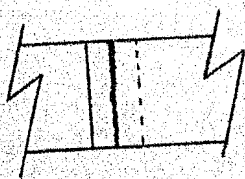
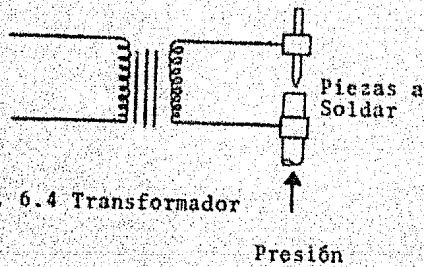


Fig. 6.3b.- Cordón de soldadura.

3.- Soldadura por resistencia por proyección.

Este sistema se utiliza para soldar barras y consiste en energizar las dos piezas a unir y proyectar una contra la otra ejerciendo presión, la concentración de calor por la resistencia de las barras más el calor producido por el arco, llevan las puntas a soldar hasta su estado pastoso, al ejercerse la presión quedan unidas. Generalmente estos sistemas están automatizados y se usan para producción en serie. (ver fig. 6.4).



4.- Soldadura por arco.

Se dividen en tres ramas, que son: Electrodo de carbón, electrodo metálico protegido y electrodo metálico desnudo, las más usuales son:

- a).- Arco sumergido.- Esta soldadura se utiliza para producción en serie y espesores mayores de 0.5 pulgadas. El arco eléctrico se desplaza dentro de un fundente granulado que se alimenta a medida que se desplaza el cabezal que parte al electrodo.

- b).- Arco de tungsteno con gas.- También se conoce como soldadura de argón, que se aplica en juntas de tuberías sujetas a presión. Normalmente se emplea para el fondeo de las juntas, haciéndose el relleno con soldadura de arco con electrodo recubierto. Entonces este proceso es de soldadura por arco donde la fusión es producida por el calentamiento con arco eléctrico entre un electrodo de Tungsteno (no consumible) y el metal base. La protección del arco se

obtiene con el gas Argón, Argón-Helio, etc. Puede o no utilizarse material de aporte.

c).- Arco metálico con gas.- En este proceso, la fusión se logra por medio de un arco eléctrico, entre un electrodo de metal de aporte (consumible) y el metal base. La protección se obtiene de un gas o mezcla de gases (Argón, Argón Helio), y su fundente se utiliza en fábricas de estructuras, tanques de almacenamiento, etc.

d).- Soldadura de arco metálico desnudo.- - Es la soldadura donde la fusión se produce por arco eléctrico y el electrodo no tiene protección del aire, o la tiene muy ligera por medio de recubrimiento antioxidante, el electrodo sirve de aporte.

e).- Soldadura de arco metálico protegido.- Es el sistema más conocido, se utiliza un electrodo recubierto y la fusión se logra por el arco entre el electrodo y el metal base, el recubrimiento o fun-

dente protege la fusión y la soldadura mientras se enfría, formando una costra que se le llama escoria, el material de aporte es el mismo electrodo. Por este proceso se pueden soldar; hierro, aluminio, cobre, acero inoxidable, bronce, níquel, etc.

5.- Falsa soldadura fuerte.

En esta rama hay cinco procesos diferentes que son:

- a).- Por inmersión: En este proceso se tiene el material de aporte y fundente en estado líquido, las piezas a soldar se sumergen. Se utiliza en fabricación de radiadores y piezas pequeñas.
- b).- Por resistencia: Este proceso utiliza el calor generado entre dos polos y la resistencia del material a soldar. - - (ver fig. 6.5).

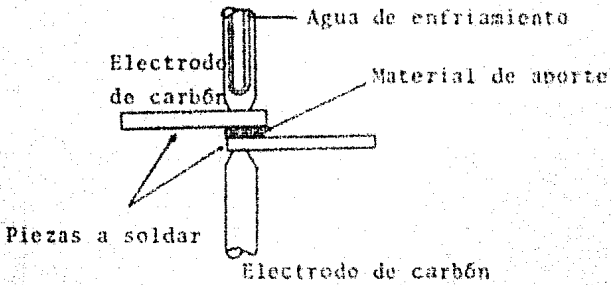


Fig. 6.5.-Soldadura por resistencia.

- c).- Por flama: Este proceso se utiliza para soldar materiales por adhesión, el más común es utilizando flama de oxiacetileno, fundente y material de aporte. Se puede soldar; cobre, fierro, colado, bronce, latón, etc.

- d).- En horno: Este proceso es poco utilizado y se coloca en la pieza a soldar ma

terial de aporte que se funde a una --
temperatura menor que la pieza a soldar
como lo muestra la figura 6.6.

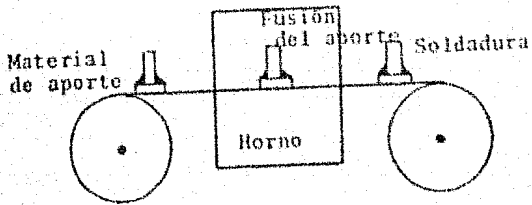


Fig. 6.6.-Soldadura en horno.

e).- Por inducción: Se aprovecha el calor -
generado por la inducción eléctrica -
por medio de bobinas, las cuales se co-
locan junto a la pieza a soldar, gene-
ralmente la junta ya tiene el material
de aporte y el fundente.

6.- Soldadura de forja.

Es el método antiguo, se llevan a los metales a un estado pastoso (rojo vivo) y se unen por medio de martillo.

7.- Soldadura con gas.

Hay cuatro procesos que utilizan la flama para llevar a los metales a su punto de fusión. La diferencia está con el gas que utilizan como: Oxiacetileno, aire acetileno, con gas y presión y con hidrógeno. El más conocido es el oxiacetileno pero ha sido sustituido por la soldadura de arco de tungsteno protegido con gas inerte cuando se sueldan partes a alta presión, pero se usa cuando se trata de unir piezas delgadas en las que el arco finalmente las perforaría.

8.- Soldadura por arco de carbón.

Son cuatro sistemas; con gas, con electrodos de carbón protegido, con electrodo des-

nudo y con arco de carbones desnudos. Se aprovecha el calor generado por el arco eléctrico con los electrodos de carbón en nuestro medio, el arco de carbón se utiliza para limpieza de ranuras en soldaduras de placa por ambos lados para soldar. Se le nombra también arco aire, arcair y arcayar, (Ver fig. 6.7).

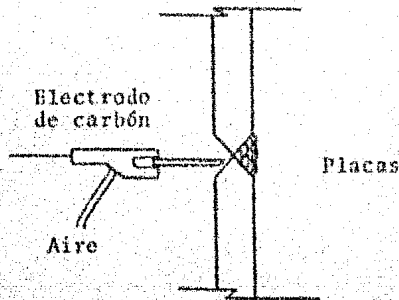


Fig. 6.7.-Soldadura por arcair.

6.4 SIMBOLOGIA DE LA SOLDADURA.

La Sociedad Americana de Soldadura (por sus

siglas en ingles American Welding Society (AWS), ha estandarizado la simbología de la soldadura (Ver fig. 6.8) y se utilizan en todo el mundo como un lenguaje común para facilitar la interpretación de planos. Con estos simbolos (Ver fig. 6.9), se sintetiza la información necesaria para efectuar la soldadura, y son básicamente; tipo de junta, abertura en la raíz, localización de la soldadura, dimensiones de la soldadura, perfil de la soldadura y la referencia de especificación.








TIPOS DE SOLDADURA						
CORDON	FILETE	TAPON O RELLENO	CUAD.	V	W	U J
						

Fig. 6.8.-Símbolos básicos de soldadura.

La tabla siguiente y el dibujo se complementan.

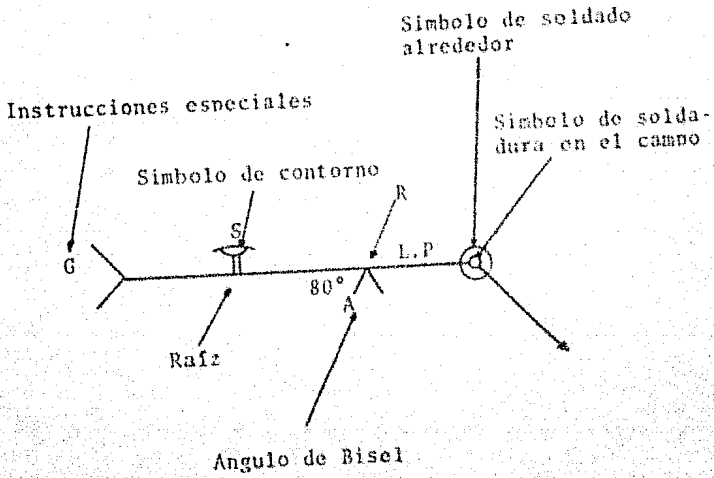


Fig. 6.9.-Localización de los elementos informativos de un símbolo.

6.5 NOMENCLATURA DE MATERIALES DE APORTE

La AWS ha clasificado los materiales de aporte con las siguientes especificaciones:

- A 5.1 Electrodo de acero dulce recubierto para soldadura de arco.
- A 5.2 Varillas para soldadura con gas para hierro y acero.
- A 5.3 Electrodo para soldadura por arco para aluminio y aleaciones de aluminio.
- A 5.4 Electrodo recubierto para soldadura por arco, para aceros resistentes a la corrosión aleados al cromo y al cromo níquel.
- A 5.5 Electrodo recubierto para soldadura por arco para aceros de baja aleación.
- A 5.6 Electrodo para soldadura por arco para cobre y aleaciones de cobre.
- A 5.7 Varillas para soldadura de cobre y aleaciones de cobre.

- A 5.8 Material de aporte para soldadura falsa fuerte.
- A 5.9 Varillas y electrodos desnudos para soldadura de aceros resistentes a la corrosión al cromo y al cromo níquel.
- A 5.10 Varillas y electrodos desnudos para soldadura de aluminio y aleaciones de aluminio.
- A 5.11 Electrodos recubiertos para soldadura de níquel y aleaciones de níquel.
- A 5.12 Electrodos de tungsteno.
- A 5.13 Electrodos para soldaduras de recubrimientos.
- A 5.14 Varillas y electrodos desnudos para soldaduras de níquel y sus aleaciones.
- A 5.15 Varillas y electrodos recubiertos para soldaduras de hierros vaciados.
- A 5.16 Varillas electrodos desnudos para soldadura de titanio y aleaciones de titanio.

- A 5.17 Alambres de acero dulce y fundentes para soldadura de arco sumergido.
- A 5.18 Electrodos para aceros dulces para solda dura de arco protegido con gas.
- A 5.19 Varilla y electrodos desnudos para solda dura de aleaciones de magnesio.
- A 5.20 Electrodos de acero dulce con alma de fundente para soldadura de arco.
- A 5.21 Varillas y electrodos compuestos para recubrimientos.

Estas especificaciones sirven para clasificar los materiales de aporte de acuerdo a sus propiedades mecánicas y/o la composición química. Nomenclatura para electrodos recubiertos para soldadura de aceros dulces y de baja aleación.

La AWS A 5.1 y AWS A 5.5 cubre desde E60XX, - - E70XX, cuatro dígitos los dos primeros significan la resistencia nominal mínima y la tensión del metal depositado en miles de libras por pulgada cuadrada. El tercer dígito, cuando hay cuatro dígitos significa la posición de aplicación,

igual que el cuarto dígito cuando hay cinco dígitos y son los siguientes: Uno significa todas posiciones, dos indica posición plana y horizontal y tres indica el tipo de fundente.

Los sufijos clasificados son:

A1.-	Carbono-Molibdeno	0.5 Mo.
B2.-	Cromo-Molibdeno	1.25% Cr.-0.5% Mo.
B3.-	Cromo-Molibdeno	2 1/4% Cr.-1.5% Mo.
C3.-	Níquel	1% Ni
C1.-	Níquel	2.5% Ni
C2.-	Níquel	3.25% Ni
D1.-	Manganeso-Molibdeno	1.75% Mn-0.5 Mo.
D2.-	Manganeso-Molibdeno	2.0% Mn-0.5 Mo.
M.-	Manganeso-Molibdeno	1.8% Mn-0.5% Mo.
	Níquel-Cromo	2.5% Ni - 0.3% Cr.

<u>CLASIF.</u>	<u>FUNDENTE</u>	<u>PENETRACION</u>	<u>ESCORIA</u>
EXX10	Alta celulosa sodio	Profunda	Delgada
EXX11	Alta celulosa potasio	Profunda	Delgada
EXX12	Alta titania sodio	Media	Gruesa
EXX13	Alta titania potasio	Media	Nada
EXX14	Polvo de hierro óxido de titanio.	Media	Mediana
EXX15	Bajo hidrógeno sodio	Media	Mediana
EXX16	Bajo hidrógeno potasio	Media	Mediana
EXX18	Polvo de hierro bajo - hidrógeno.	Media	Mediana
EXX20	Alto óxido de hierro	Media	Gruesa
EXX24	Polvo de hierro óxido de titanio	Poca	Mediana
EXX27	Polvo de hierro bajo - hidrógeno.	Poca	Gruesa
EXX28	Polvo de hierro bajo - hidrógeno	Poca	Gruesa

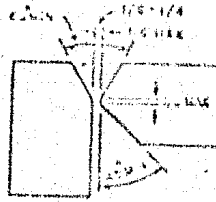
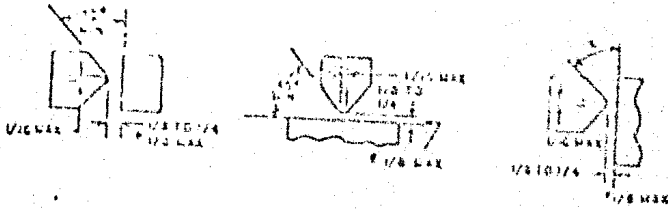
6.6 DISEÑO DE JUNTAS

Los conceptos que intervienen el perfil de una junta a soldar son:

- a). - Tipo de trabajo que desempeñará la pieza.-
En este concepto se analizan los esfuerzos a que está sujeta la soldadura como: Tensión, corte, flexión, torsión, fatiga, corrosión química, ambiental, abrasión, etc.
- b). - Tipo de material.- Puede ser cualquiera de los metales conocidos que sean soldables.
- c). - Espesor de material. Está sujeto a los esfuerzos y presiones que determine el proceso en que se utilizará.

TIPO DE PROCESO DE SOLDADURA A EMPLEAR Y ECONOMÍA GENERAL DE LA FABRICACION.

Es determinante para escoger el perfil, la penetración de la soldadura, lo cual es influido directamente por los esfuerzos. A continuación se muestran los perfiles más usados y sus aplicaciones.



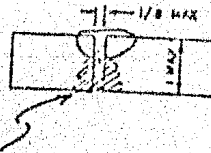
RANURA EN ESCUADRA PARA SOLDAR
SINOS LADOS.

RANURA EN V MODIFICADA.

RANURA CUADRADA MODIFICADA.



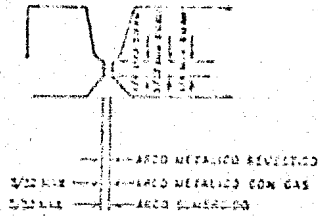
LIMPIEZA CON
ARCO-AIRE ANTES
DE DEPOSITAR LA
SEGUNDA SOLDADURA



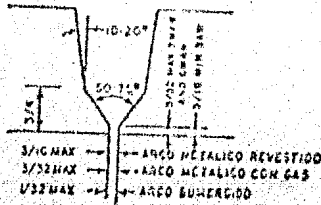
LIMPIEZA CON ARCO - AIRE ANTES
DE DEPOSITAR LA SEGUNDA SOLDADURA.

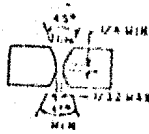
Figura No. 6.10.-Proporciones recomendadas de ranuras combinadas para proceso de arco metálico.

SANITARIA COMBINADA EN V Y U.

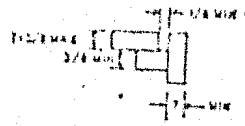
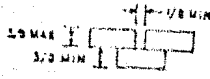


RAMIPA EN V PARA SERVICIO EN INTAL. DISPOSITADO.

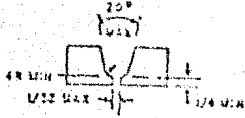




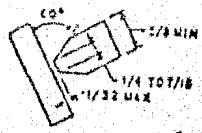
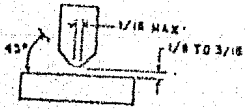
RANURA DOBLE V PARA SOLDAR AMBOS LADOS.



RANURA CANGRIADA PARA SOLDAR UN LADO CON RESPALDO.



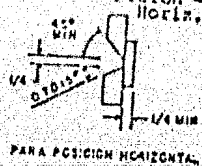
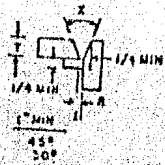
RANURA U PARA SOLDAR UNO O AMBOS LADOS.



RANURA DE DOBLE VICEL PARA SOLDAR AMBOS LADOS.

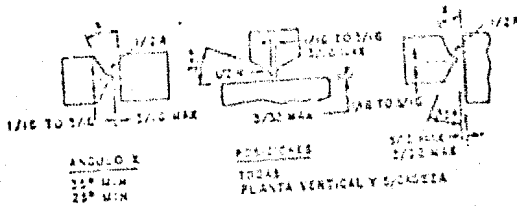
NOTA:

RANURA EN V PARA SOLDAR DE UN LADO CON RESPALDO DE ACERO. Para posición horizontal.

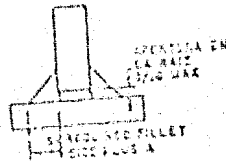
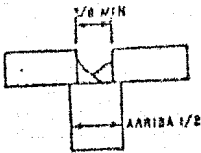


PARA POSICION HORIZONTAL.

FIGURA No. 6.11.- Proporciones recomendadas de ranuras combinadas para procesos de arco sumergido.

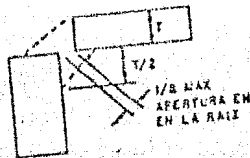
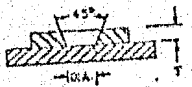


RANURA EN DUBLE J PARA SOLDAR POR ARCO ELÉCTrico.



JUNTA PARA 3 PIEZAS.

JUNTA PARA SOLDADURA DE FILETE.



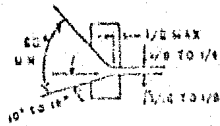
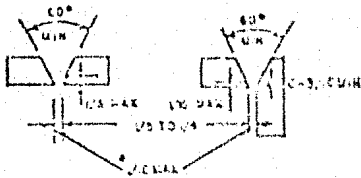
ABAJA 1/8
1/8 TO 1/2
ARRIBA 1/2

DIÁ. Ø
1/4 MIN
2 T MIN
T + 1/2

JUNTA PARA TAPON SOLDADO.

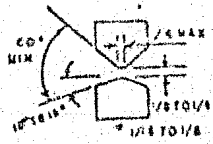
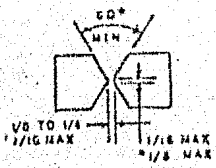
JUNTA DE ESCUINA DE DUBLE FILETE.

FIGURA No. 6.12.- Proporciones recomendadas de ranuras para soldar por arco metálico revestido y de arco metálico con gas.



JUNTA RECOMENDADA PARA POSICION HORIZONTAL

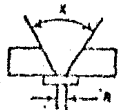
BANURA EN V PARA SOLDAR EN UN LADO CON RESPALDO EN ACERO.



JUNTA RECOMENDADA PARA POSICION HORIZONTAL.

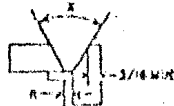
BANURA EN DOBLE V PARA SOLDAR POR AMBOS LADOS.

LABRADO EN V PARA SOLDAR DE UN LADO CON RESPALDO DE
A PISO.

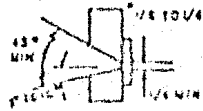


ANGULO X
45° MIN
20° MIN
12° MIN

DIAM. R
1/4 MIN
1/2 MIN
1/2 MIN

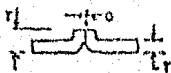


POSICIONES A
TODAS * 1/8 MIN
F V. O * 1/4 MIN
F * 1/4 MIN

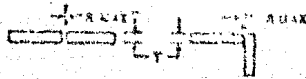


ZONA RECOMENDADA PARA
POSICION HORIZ. EL.

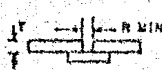
DOBLETE EN V PARA
SOLDAR DE UN LA-
DO.



RANURA CUADRADA PARA SOLDAR DE UN
LADO.

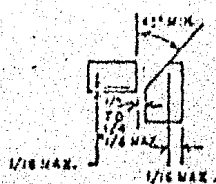
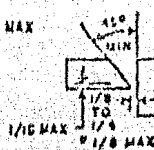
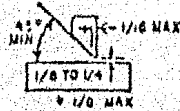
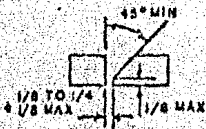


R = 1/16 MAX. FOR ALL JOINTS



R = 3/16 MAX

RANURA CUADRADA PARA SOLDAR DE UN LADO
CON RESPALDO.



RANURA DE HICEL PARA SOLDAR DE UNO O AMBOS LADOS.

FIGURA No. 6.13.- Proporciones recomendadas para soldadura de arco metálico revestido, arco de tungsteno con gas, con arco metálico con gas.



ANGULO X
45° MIN
35° MIN
25° MIN



DIM R
1/4 MIN
3/8 MIN
3/32 MIN

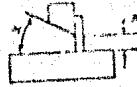


POSICIONES R
TODAS POSICIONES
TODAS POSICIONES
P.V.O. 1/16 MIN

RANURA DE BISEL PARA SOLDAR DE UN LADO CON JUNTALLO.



ANGULO X
45° MIN
35° MIN



DIM R
1/4 MIN
3/8 MIN

POSICIONES R
TODAS 1/8 MIN
TODAS 1/4 MIN



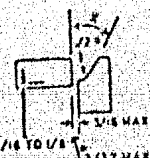
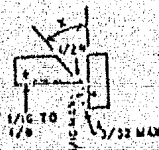
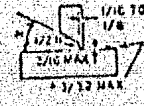
ANGULO X
45° MIN
20° MIN

POSICIONES
TODAS
P.V.O.



JUNTA RECOMENDABLE RECOMENDABLE
PARA POSICIÓN HORIZONTAL.

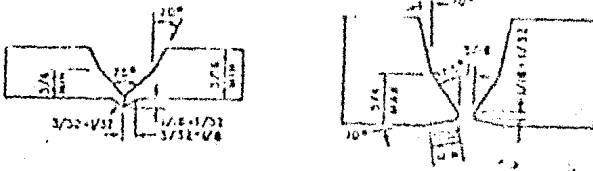
RANURA EN BOTE O PARA SOLDAR POR AMBOS LADOS.



ANGULO X
30° MIN
25° MIN

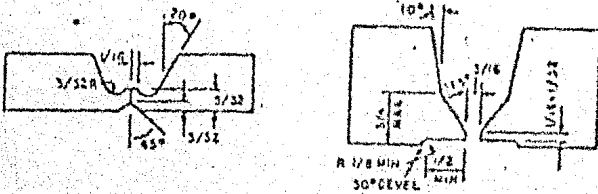
POSICIONES
TODAS
P.V.O.

FIGURA No. 6.14.- Proporciones recomendadas para soldadura de arco metálico revestido y de arco de tungsteno con gas.



JUNTAS CON RAYCES ESPE-
CIALES.

PREPARACION DE JUNTA PARA
SERVICIOS CRITICOS USANDO
ANILLOS DE RESPALDO O RAI-
CLES MACHINADAS.



FLAT RING
NOTE 10° OUTSIDE ANGLE OF 0.010"
1.75 (2x nominal) BEH INDUSTRY CO.

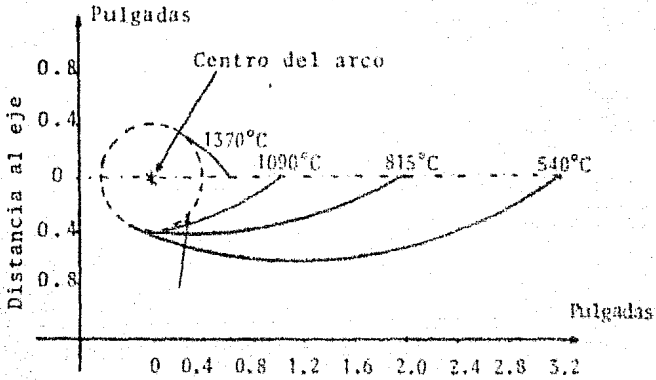
FIGURA No. 6.15.- Proporciones recomendadas para soldadura de arco metálico para obtener penetración completa y controlada para aceros y la indicada para aluminio.

6.7 EFECTO DE LOS ELEMENTOS DE ALEACION EN LOS ACEROS.

Es de mucho interés conocer el papel que desempeñan los aleantes de un acero, para tener idea porque se le llama a un acero, acero al Carbón, al Manganeso, al Molibdeno, al Cromo, etc.

Es indispensable observar los fenómenos metalúrgicos que suceden durante la soldadura, cuando el metal y sus aleantes se encuentran en estado de fusión.

Cuando la fusión se encuentra a una temperatura de 1370°C aproximadamente en el centro del arco a medida que varía la distancia del centro, la temperatura es menor, hasta llegar a una distancia tal que la temperatura de la pieza es la ambiente. Esto equivale a que por conducción del calor se tenga el equivalente a un enfriamiento, dando lugar a la formación de estructuras metalúrgicas desiguales, con propiedades mecánicas diferentes.



Distancia al eje de la soldadura

Es la zona afectada por el calor, entre el metal base y el metal depositado, donde existe el riesgo de formaciones diferentes que obedecen a las características particulares del acero que se esté soldando.

Principalmente existe la formación de martensita, que tiene como característica la dureza y fragilidad, la estructura en el metal depositado es austenita, que es suave y ductil. Lo anterior explica por qué en algunos procesos se re-

quiere precalentamiento o un post-calentamiento que se determina con el tipo de acero o aleación, la temperatura y tiempo a emplearse. En la industria se le llama relevo de esfuerzos, que eliminan estructuras diferentes que en general originan microgrietas y concentración, producen fatiga y falla en las soldaduras. Se da a continuación un ejemplo para tener idea sobre temperaturas y tiempos que se emplean.

Ø (Diámetro)	Tiempo Total.	Espesor de Tub.	Tiempo manteniendo la temperatura.
20"	9:00 Hrs.	32.53 mm	2:00 Hrs. a 610°C
16"	8:00 Hrs.	26.18 mm	1:00 Hrs. a 610°C
12"	9:30 Hrs.	21.41 mm	1:00 Hrs. a 610°C
8"	6:30 Hrs.	18.23 mm	1:00 Hrs. a 610°C
4"	7:00 Hrs.	8.55 mm	1:00 Hrs. a 610°C

Descripción de los efectos de los elementos de aleación más usuales.

- 1).- Carbono: Es el responsable directo de la dureza de los aceros; entre mayor contenido de carbono mayor dureza al temple, has-

ta un contenido máximo de 0.71 de carbono. Arriba de este contenido la dureza ya no aumenta, pero es mayor la resistencia al desgaste. Aumenta la resistencia de los aceros pero disminuye la ductilidad. Entre mayor contenido de carbono, mayores son los riesgos de fractura al temple y distorsiones.

- 2).- Manganeso: Aumenta la templabilidad ó capacidad de temple, aumenta la resistencia y la dureza. Neutraliza el efecto del azufre y siempre está presente en los aceros, por que se utiliza como desoxidante. Aumenta la velocidad de penetración del carbono en el cementado. Sobre el 14% los aceros son austeníticos a temperatura ambiente y no endurecen al temple, pero sí al trabajo y se les conoce como aceros Hadfield o al Manganeso.
- 3).- Silicio: Aumenta ligeramente la dureza, la resistencia y templabilidad, pero es fuerte desoxidante. Se encuentra en todos los aceros en pequeñas cantidades, en contenido del 2%.

- 4).- Fosforo: Es un elemento indeseable ya que hace frágil al acero. Se agrega en colonias por su gran volumen atómico. Aumenta la dureza y resistencia de la ferrita. Se añade para mejorar la maquinabilidad por hacer quebradiza la rebaba.

- 5).- Azufre: También es un elemento indeseable porque produce fracturas en caliente durante la forja o laminación y durante la solidificación de piezas fundidas de acero. Se añade para mejorar la maquinabilidad, pero requiere la presencia de manganeso de cuando menos 5 veces el contenido de azufre para neutralizarlo, formando inclusiones no metálicas de sulfuro de manganeso.

- 6).- Cromo: Aumenta la templabilidad, dureza y resistencia, y su presencia en bajas aleaciones es preferible a la del manganeso. Su resistencia aumenta a altas temperaturas, y entre más alto sea el contenido de cromo, es mayor la resistencia a la corrosión y a la oxidación. Arriba del 13% forma los aceros inoxidables martensíticos.

ticos de gran resistencia al desgaste. Con el níquel en altas proporciones, forma los aceros inóxidables y los aceros refractarios.

7).- Níquel: Es el elemento que mayor tenacidad le confiere al acero y es uno de los más útiles y necesario de los elementos de aleación. Se le considera como un material estratégico, aumenta moderadamente la resistencia y templabilidad. Se utiliza bastante en aceros aleados con cromo y molibdeno. Evita la fragilidad de los aceros a temperaturas abajo de 0°C. Impide el crecimiento de grano en los tratamientos térmicos. Aleado con el cromo forma los aceros inóxidables austeníticos que no endurecen al temple, resistentes a la corrosión y a la oxidación a alta temperatura.

8).- Molibdeno: Aumenta fuertemente la templabilidad, la dureza y resistencia especialmente en caliente. Aumenta la resistencia a la fluencia. Mejora los efectos del cromo y evita la fragilidad del revenido o fragilidad Krupp de los aceros templados que contiene manganeso al cromo-níquel. Tam---

bién mejora la resistencia a la corrosión. En los aceros a alta velocidad o de trabajo en caliente, sustituye al tungsteno en proporción de 2:1. Es un potente formador de carburos y por tanto retarda el revenido. Aumenta la resistencia al desgaste.

- 9).- Tungsteno: De efectos similares al molibdeno, pero mas alto de costo por su escasa existencia en la naturaleza. Aumenta la templeabilidad, dureza y resistencia en caliente. Forma carburos muy estables y en revenido produce dureza secundaria, por lo que no pierde su dureza al rojo en los aceros de alta velocidad.
- 10).- Cobalto: Eleva la resistencia de la matriz ferrítica de los aceros donde se disuelve sin formar carburos, especialmente a altas temperaturas, por lo que resiste el ablandamiento al rojo de los aceros rápidos y aleaciones de alta temperatura.
- 11).- Vanadio: Disminuye el tamaño del grano, impidiendo su crecimiento durante los tratamientos térmicos por la formación de finos

y dispersos carburos. Se disuelve en la ferrita a altas temperaturas aumentando la templabilidad. Aumenta la resistencia y dureza a altas temperaturas eleva el límite elástico, la ductibilidad y fatiga.

12).- Aluminio: Impide el crecimiento del grano en forma de finas partículas, formadas durante la desoxidación del acero. Impide la difusión del carbono en la cementación elevando la dureza superficial, su acción de núcleo disminuye la templabilidad. Como elemento de aleación se utiliza en proporciones del 1 al 2% en los aceros de nitruración, con lo que se consiguen durezas superficiales excepcionalmente altas.

13).- Boro: Es el elemento más potente conocido aumenta notablemente la templabilidad de los aceros. Su efecto es más intenso cuando más bajo es el contenido de carbono, sintiéndose su influencia hasta el centro de secciones de 15 cm. de espesor. Su control es muy difícil y arriba del 0.003% produce fragilidad

- 14).- Cobre: Aumenta la resistencia a la corrosión y ligeramente la resistencia del acero. No afecta la templabilidad, en porcentajes arriba del 50% produce un efecto de endurecimiento por precipitación aumentando la resistencia pero disminuyendo muy poco la ductibilidad. Es usado en aceros de alta resistencia hasta en un 1%, en aceros al cromo de un 1 a 4% y en fundiciones de acero hasta 2%.

- 15).- Plomo: Su adición es de difícil control, ya que vuelve poroso y quebradizo al material. Es muy recomendable usarlo en sistemas sujetos a radiación.

- 16).- Tántalo y Colmbio: Evitan la corrosión intergranular de los aceros inoxidables, estabilizando el carbono al impedir su precipitación como carburo de cromo a altas temperaturas. Es muy útil en electrodos para soldadura de aceros inoxidables austeníticos. Eleva la resistencia en caliente de los aceros inoxidables, requiriendo cuando menos de 10 veces el contenido de carbono.

17).- Titanio: Es un gran desoxidante del acero y refinador de grano. Estabiliza el carbono de los aceros inoxidables haciéndolos insensitivos a la corrosión intergranular y reduce el efecto endurecedor de los aceros al cromo que endurecen al aire. La proporción en que se utiliza es 5 veces la proporción de carbono.

6.8 ESPECIFICACIONES DE SOLDADURA.

El propósito fundamental es definir un documento de detalles que se lleva a efecto en la soldadura de un material específico. Las especificaciones deben de ser claras concisas lo más posible, sin detalles que no conciernan al proceso.

A continuación se describen los conceptos que se deben incluir en las especificaciones de una manera general.

- Material base y sus especificaciones aplicables.

El material base debe ser especificado, dando su composición química, o dando la referencia de su especificación (A-106 B, A 235p espec. ASTM, etc.).

Los cuidados que deben tenerse con este material previo a su soldadura deben ser anotados tales como: Templado normalizado, recocido, etc.

- Material de aporte.

Debe darse su especificación, clasificación, etc., para asegurarse de su uso adecuado, también deben anotarse los cuidados requeridos para los electrodos, como el caso de los electrodos de bajo hidrógeno que requieren almacenamiento en lugares con temperatura y secos.

- Tipo de corriente y rango de intensidades.

Pese a que hay electrodos que usan ambas corrientes, es mejor especificar con que tipo de corriente se aplican mejor, si son para C.B. especifique polaridad, también el rango de corriente para diferentes espesores, tamaño de electrodo y posiciones.

- Requerimientos de calificación de soldadores.

Debe aparecer en la especificación, el grado de calificación requerida del soldador u operador de máquina automática.

- Diseño de juntas y su tolerancia.

Los detalles del diseño de juntas deben ser anotados, así como, la secuencia de aplicación, por medio de un detalle de sección transversal mostrando el espesor y detalles de la junta, las tolerancias en todas dimensiones. Esto último es muy importante, por ejemplo: Una separación en raíz fuera de tolerancia, puede hacer el más calificado soldador resulten soldaduras defectuosas.

- Preparación de la junta y limpieza.

El procedimiento de preparación de la junta y el grado de limpieza debe especificarse, puede incluir el modo de corte (oxiacetileno, plasma, maquinado, etc.).

- Detalles de soldadura.

Todos los que afecten la calidad de soldadura, deben ser claramente anotados, tales como: Tamaño de electrodos para diferentes posiciones y porciones de la unión de la junta y el orden de aplicación de los cordones; espesor de cada cordon, amperajes, etc., y los de talles importantes que ayuden a lograr una junta lo más sana posible.

- Precalentamiento y temperatura entre pasos.

Siempre que sea necesario el control de temperatura durante la soldadura debe especificarse, los mismos el tipo de control o registro, con lápices térmicos, pirómetros, etc. Sobre todo en juntas de materiales de aleación.

- Inspección.

Se especifica el tipo de inspección definido para el proceso, puede ser radiográfica, ultrasónica, partículas magnéticas, líquidos penetrantes, etc.

- Post-calentamiento.

Las especificaciones inducirán el tipo de tratamiento térmico que sea necesario, anexando

croquis con datos o el proceso a seguir, sobre todo en materiales de aleación.

- Marcas de identificación.

Debe en las cercanías de la soldadura, marcarse la clave del soldador para su identificación (número de registro o iniciales de su nombre y apellidos).

6.9 CALIFICACION DE SOLDADORES.

La actitud debe ser totalmente imparcial para la calificación de soldadores, ya que de ello dependerá el éxito o fracaso del producto o fabricación, siendo la habilidad lo que se califica, no es necesario que el soldador tenga una preparación técnica o académica, pero es muy deseable el buen sentido común y buena disposición para trabajar.

Las pruebas de calificación pueden ser dirigidas por los supervisores de campo o por los supervisores de inspección radiográfica en general las pruebas de calificación deben ser lo más semejante posible a las condiciones en que

Se hará la soldadura de producción, tales como:
Posición de la soldadura, tipo de material a soldar, placas, tubos, espesores, procesos de soldadura, etc. En algunos casos se pueden simular las condiciones más difíciles que se encontrarán en campo (ver figs. 6.10, 6.11, 6.12, 6.13, 6.14 y 6.15).

- Posiciones de soldadura.

Estas se han normalizado y son las siguientes:



Fig. 6.10.-Posición plana 1G.

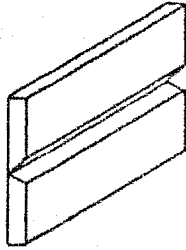


Fig. 6.11.-Posición horizontal 2G

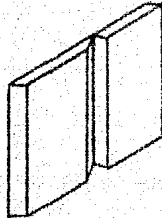


Fig. 6.12.-Posición vertical 3G.



Fig. 6.13.-Posición sobre cabeza 4G.



Fig. 6.14.-Posición 5G.

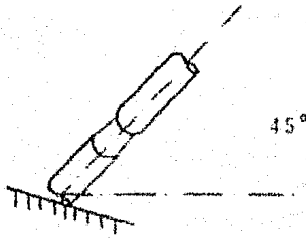


Fig. 6.15.-Posición 6G.

Durante la prueba, una vez que se han seleccionado las probetas (placas, tubos, etc.) materiales de aporte, máquina de soldar, gas y todo lo necesario que será semejante a lo que se soldará, el supervisor vigilará el desarrollo de la prueba, permitirá o no que la probeta sea movida durante la soldadura y suspender la prueba si el soldador hace reparaciones en la raíz o trata de desvirtuar la finalidad de la prueba o si a su juicio la soldadura mediante la detección de defectos visuales no reúne los requisitos para ser aprobada.

- Niveles de calificación en tubería.

Los niveles de calificación de soldadores en tubería son según la AWS: AR1, AR2, AR3 y tienen como campo de aplicación de lo siguiente:

AR1: En este nivel se califican a soldadores donde se requiere un alto grado de calidad en la soldadura como: Plantas nucleares, instalaciones y naves aeroespaciales, muy altas presiones y temperaturas, plantas químicas y de gas.

AR2: En este nivel también se requiere un alto grado de calidad, su campo de aplicación es: Plantas nucleares, plantas de vapor, plantas petroquímicas y sistemas de gas.

AR3: En este nivel se califica a soldadores para una calidad de soldadura en que las condiciones de trabajo no sean críticas, como tubería de baja presión, sistemas de agua, instalaciones sanitarias y algunas líneas de gas y químicos.

- Posiciones de prueba que califican a otras.

- 1.- La calificación en posición plana (1G) solo califica esta posición.
- 2.- La posición horizontal (2G) califica a la 1G y 2G.
- 3.- La posición (5G) califica a la 1G y 5G.
- 4.- La 2G y 5G califica a todas las posiciones anteriores.
- 5.- La posición 6G califica a todas las posiciones anteriores.

- Inspección visual.

Durante la prueba, inspeccionar returas, porosidades, socabados, etc., se puede esmerilando los defectos entre cordones y hacer limpieza y corregir falta de penetración en la raíz. Reparaciones en la raíz como falta de penetración o penetración excesiva, se prohíbe reparar - cuando la junta está terminada.

- Requerimientos de aceptación.

- a).- Verifíquese que el material base y el aporte fue el adecuado.

- b).- La probeta debe de estar libre de roturas.
- c).- El cráter de terminación del cordón debe llenar la sección transversal y libre de roturas.
- d).- El cordón de refuerzo o corona debe sobrepasar ligeramente el paño del material base, pero no debe exceder estos valores.

Espesor de la Tubería	Refuerzo Máximo en Pulg.
3/8" y menores	3/32
más 3/8" hasta 3/4" incluido	1/8
más de 3/4"	3/16

6.10 INSPECCION DE SOLDADURA.

En esta parte se tratarán cuáles son las funciones más importantes de un supervisor de soldadura, la importancia de su desempeño para obtener buenos resultados en la producción y las técnicas que debe dominar para su aplicación en el campo de la inspección de soldaduras. Esta té-

sis está dirigida principalmente a los supervisores de campo.

Existen tres clases de supervisores:

- a).- Inspectores del Gobierno(Industria y Comercio).
- b).- Supervisores de Inspección no destructiva (Radiólogos).
- c).- Supervisores de campo o de construcción.

- Conocimientos de planos:

La interpretación de dibujos es tarea del supervisor, por lo tanto, es necesario que esté familiarizado con la terminología y simbología de la soldadura.

- Conocimientos de pruebas no destructivas:

Hay varios métodos de inspección no destructiva que auxiliarán al supervisor en su trabajo, por lo tanto, debe conocerlos e interpretar sus resultados, utilizar estos métodos como un auxilio para prevenir y mejorar sus pro

cesos redundará en resultados óptimos.

- Registros:

Los reportes y registros de soldadura, soldadores, rendimientos y materiales, le servirán al supervisor para informar a sus supervisores, hacer pronósticos de programas de avances, etc., deben estar escritos con claridad y ser concisos al mismo tiempo, le servirán para tener información adecuada para lo que sea necesario.

- Características deseables:

Los supervisores de soldadura se forman con un entrenamiento o instrucción, experiencia en el trabajo, es lo más deseable.

- Visión:

Es elemental que el supervisor mantenga su vista sana, para poder detectar defectos de soldadura superficiales durante sus inspecciones-visuales, en caso necesario puede auxiliarse de lentes o una lupa para efectuar una buena inspección.

- Actitud:

El papel que desempeña la actitud del supervisor afecta directamente la calidad y la cantidad de producción de soldaduras, su política debe estar encaminada a crear un ambiente de cooperación entre él y sus subordinados como también con las áreas que tengan relaciones de trabajo con el de soldadura.

La imparcialidad debe ser característica del supervisor, tanto para rechazar su trabajo, como para aceptar.

Los favoritismos en la calidad y en la producción debe eliminarse para no desequilibrar las funciones de su equipo. Al tomar decisiones debe ser firme y mantener el respeto con sus colaboradores y reciprocamente el que le deben a él.

- Conocimientos de soldadura:

El supervisor debe estar respaldado por una preparación técnica, que le permita resolver los problemas que se le van presentando para dar una buena decisión, por lo tanto deberá

estar familiarizado con la técnica aplicada en su trabajo, especificaciones que se estén aplicando, precalentamiento y precalentamiento entre pasos, fondeo, limpieza del fondeo, limpieza del fondeo antes del paso caliente, limpieza entre cordones, apariencia en los cordones y secuencia de aplicación.

- Inspección de aceptación:

Es necesario una buena limpieza para de inspección de prueba no destructiva que puede ser: Visual, apariencia de acuerdo a los planos; rayos X, partículas magnéticas, hidrostáticas y cualquier otro sistema de prueba.

- Causas más comunes de defectos y fallas de soldadura.

Roturas superficiales. - Causas: Fuertemente sujetas las partes a soldar. Su enfriamiento es muy rápido. El primer cordón muy delgado, mala preparación. Electrodo equivocado. Falta de penetración. Porosidad. Inclusiones de escoria. Grietas en el cráter. Exceso de azufre en la placa acentuada por exceso de penetración.

Peligro: Falla completa de la unión. Una reducción peligrosa en la resistencia. Los esfuerzos se aproximan a la carga de fatiga. Deberá ser removida y vuelta a soldar.

Porosidad visible. - Causas: Conteniendo excesivo de azufre en el electrodo o en el material base (se pueden apreciar también porosidad, burbujas, poros tubulares).

Quemadas. - Causas: Iniciar el arco accidentalmente sobre la placa.

Peligro: Roturas cuando el acero es de baja aleación. El esfuerzo se acerca a la carga de fatiga.

Soldadura traslapada. - Causas: Falla en la manipulación del electrodo. El ángulo del electrodo es equivocado. Baja corriente. Baja velocidad. Demasiado grande el depósito en un solo cordón.

Peligro: El esfuerzo se acerca mucho a la carga de fatiga.

Socavado. - Causas: Corriente muy alta. Alta velocidad y excesivamente recargado el electrodo de un lado. El ángulo del electrodo equivocado. Mala selección del electrodo. - Gruesas escamas del material por laminación o electrodo húmedo.

Peligro: Sería aproximación del esfuerzo a la carga de fatiga.

Perfil incorrecto. - Causas: Baja corriente. Corriente alta. Técnica de procedimiento incorrecta. Falta de cuidado. Posición difícil o no hay accesibilidad. Mala preparación (garganta muy grande o muy pequeña y cara de la raíz insuficiente). Baja velocidad.

Peligro: Sobre estimación de su resistencia. El esfuerzo se eleva cerca de la carga de fatiga.

La orilla del material base quemada. - Causas: Electrodo muy grande. Mala manipulación.

Peligro: Sobre estimación de la resistencia.

Irregularidades en su apariencia. - Ondulaciones: Técnica del procedimiento de soldadura incorrecta. Un acceso pobre. Altura del resaca irregular. Baja corriente. Espaciamiento irregular. Alta corriente. Longitud del arco equivocada. Salpicadura: Alta corriente. Longitud del arco equivocada. Electrodo dañado. Interrupciones del arco frecuentes.

Unión mala; falta de cuidado. Cuando es máquina de gasolina arranque en frío de la máquina. Electrodo en mal estado.

Peligro: La resistencia puede andar abajo de la fatiga de la unión.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

Es evidente que los detalles del proceso de diseñar serán diferentes en cada sistema, pero su espíritu, será siempre el mismo.

Se han mostrado métodos y criterios para lograr una buena selección y aplicarlos en varios sistemas de tuberías.

En general el diseño de cualquier sistema de tuberías es muy amplio, por tanto solo se mostró el método en un orden lógico de diseño, haciendo mención de dos etapas que son: Selección de tuberías y accesorios y soldadura, asimismo se presentó la forma de estimar su costo.

El presente trabajo muestra la metodología práctica para llevar a un buen final un sistema de tubería, lo suficientemente completo, y a su vez, considerarlo como una guía para el diseño de tuberías, así como un compendio de las distintas publicaciones que se han hecho al respec

to, para todo aquel que esté relacionado con es
ta rama de la Ingeniería.

VIII APENDICE

PROPIEDADES DE TUBERIAS

Pipe Size and Weight (lb./ft.)	Nominal Wall	Outside Dia.	Inside Dia.	Weight (lb./ft.)	Tensile Strength (lb./sq. in.)	Yield Point (lb./sq. in.)	Elongation (%)	Modulus of Elasticity (lb./sq. in.)	Poisson's Ratio	Factor of Safety	Stress (lb./sq. in.)			
											Working	Allowable	Ultimate	Proof
2 1/2"	Std.	2.645	2.113	0.532	0.326	0.250	0.432	29,000	0.30	1.5	1,937	1,280	2,500	1,500
	NR	0.527	0.179	0.348	0.169	0.106	0.184	29,000	0.30	1.5	1,937	1,280	2,500	1,500
	100	0.418	0.220	0.197	0.076	0.052	0.110	29,000	0.30	1.5	1,937	1,280	2,500	1,500
	XXS	0.190	0.174	0.016	0.016	0.016	0.016	29,000	0.30	1.5	1,937	1,280	2,500	1,500
3"	Std.	3.060	2.426	0.634	0.398	0.300	0.538	29,000	0.30	1.5	2,230	1,500	2,800	1,750
	NR	1.278	0.411	0.867	0.457	0.286	0.574	29,000	0.30	1.5	2,230	1,500	2,800	1,750
	100	1.105	0.249	0.856	0.607	0.250	0.348	29,000	0.30	1.5	2,230	1,500	2,800	1,750
	XXS	0.475	0.322	0.153	0.134	0.019	0.113	29,000	0.30	1.5	2,230	1,500	2,800	1,750
3 1/2"	Std.	3.610	2.836	0.774	0.470	0.350	0.630	29,000	0.30	1.5	2,523	1,750	3,100	2,000
	NR	1.530	0.282	1.248	0.966	0.282	0.564	29,000	0.30	1.5	2,523	1,750	3,100	2,000
	100	1.358	0.281	1.076	0.794	0.282	0.380	29,000	0.30	1.5	2,523	1,750	3,100	2,000
	XXS	1.190	0.400	0.790	0.390	0.400	0.390	29,000	0.30	1.5	2,523	1,750	3,100	2,000
4"	Std.	4.060	3.286	0.774	0.470	0.350	0.630	29,000	0.30	1.5	2,816	2,000	3,400	2,250
	NR	1.650	0.218	1.432	1.147	0.470	0.940	29,000	0.30	1.5	2,816	2,000	3,400	2,250
	100	1.480	0.443	1.037	0.752	0.470	0.570	29,000	0.30	1.5	2,816	2,000	3,400	2,250
	XXS	1.300	0.436	0.864	0.430	0.436	0.436	29,000	0.30	1.5	2,816	2,000	3,400	2,250
5"	Std.	4.560	3.786	0.774	0.470	0.350	0.630	29,000	0.30	1.5	3,109	2,250	3,800	2,500
	NR	1.840	0.276	1.564	1.279	0.774	1.548	29,000	0.30	1.5	3,109	2,250	3,800	2,500
	100	1.670	0.374	1.290	0.915	0.774	0.915	29,000	0.30	1.5	3,109	2,250	3,800	2,500
	XXS	1.490	0.552	0.940	0.490	0.552	0.552	29,000	0.30	1.5	3,109	2,250	3,800	2,500
6"	Std.	5.060	4.286	0.774	0.470	0.350	0.630	29,000	0.30	1.5	3,402	2,500	4,200	2,750
	NR	2.020	0.230	1.790	1.505	0.774	1.810	29,000	0.30	1.5	3,402	2,500	4,200	2,750
	100	1.850	0.428	1.416	1.041	0.774	1.041	29,000	0.30	1.5	3,402	2,500	4,200	2,750
	XXS	1.670	0.600	1.070	0.470	0.600	0.600	29,000	0.30	1.5	3,402	2,500	4,200	2,750
8"	Std.	6.060	5.286	0.774	0.470	0.350	0.630	29,000	0.30	1.5	4,000	3,000	4,800	3,250
	NR	2.420	0.230	2.190	1.905	0.774	2.190	29,000	0.30	1.5	4,000	3,000	4,800	3,250
	100	2.250	0.428	1.816	1.441	0.774	1.441	29,000	0.30	1.5	4,000	3,000	4,800	3,250
	XXS	2.070	0.600	1.470	0.470	0.600	0.600	29,000	0.30	1.5	4,000	3,000	4,800	3,250
10"	Std.	7.060	6.286	0.774	0.470	0.350	0.630	29,000	0.30	1.5	4,600	3,500	5,400	3,750
	NR	2.780	0.230	2.550	2.265	0.774	2.550	29,000	0.30	1.5	4,600	3,500	5,400	3,750
	100	2.610	0.428	2.180	1.805	0.774	1.805	29,000	0.30	1.5	4,600	3,500	5,400	3,750
	XXS	2.430	0.600	1.830	0.470	0.600	0.600	29,000	0.30	1.5	4,600	3,500	5,400	3,750
12"	Std.	8.060	7.286	0.774	0.470	0.350	0.630	29,000	0.30	1.5	5,200	4,000	6,000	4,250
	NR	3.200	0.230	2.970	2.685	0.774	2.970	29,000	0.30	1.5	5,200	4,000	6,000	4,250
	100	3.030	0.428	2.600	2.225	0.774	2.225	29,000	0.30	1.5	5,200	4,000	6,000	4,250
	XXS	2.850	0.600	2.250	0.470	0.600	0.600	29,000	0.30	1.5	5,200	4,000	6,000	4,250

TABLA 4.1.-Como referencia al capítulo IV.

GRAFICA DE MOODY

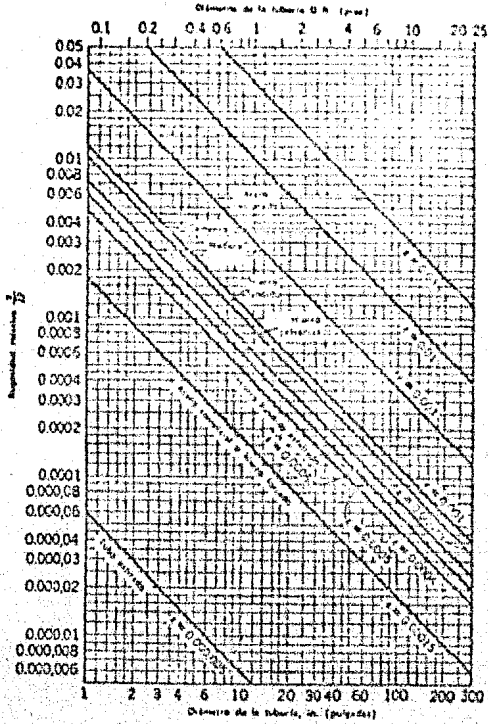


TABLA 4.2. COMO REFERENCIA AL CAPITULO IV

GRAFICA DEL NUMERO DE REYNOLDS

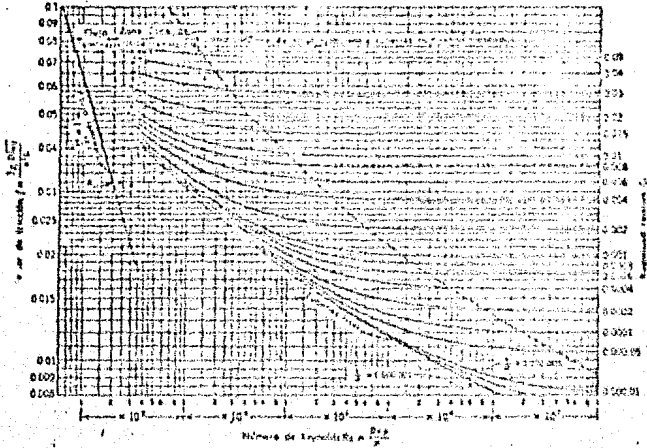


TABLA 4.5.- COMO REFERENCIA AL CAPITULO IV.

BIBLIOGRAFIA

- Welding Handbook American Welding Society
2501 N.W. 11th Street.
Miami Fla. 33125 USA.
- Procedure Handbook of arc welding design and practice The Lincoln Electric Co.
- Welding Inspection American Welding Society
- Qualification of welding procedures and welders for piping and tubing American Welding Society (ASW D10-9-69).
- Asme boiler and pressure vessel code, sec 1.
- Asme Welding qualification sec IX.
- Welding Journal - American Welding Society.
- Resistance welding theory and use. American Welding Society.
- American National Standard Power Piping.
A.N.S.I. B 31.1

- American National Standar Steel Pine
Flanges and Flanged Fittings
A.S.S.I. B 16.5
- Catálogo de Válvulas número 60
Crane 1980
- Selección de trampas termodinámicas
Boletín No. 257 Trampas Sarco