

INTRODUCION

Este documento sirve de guía para ingenieros y técnicos nuevos en las áreas de inspección de tuberías, mantenimiento y corrosión.

Mi experiencia fue adquirida en la refinería de Barrancabermeja; donde el inspector no se limita únicamente a la medición de espesor si no que realiza inspección visual a todo los componentes y tiene que emitir recomendación si es requerida por ese motivo este documento inicia con un repaso sobre el temas de metales y soldaduras.

En este documento Inicialmente se hace un agradecimiento especial a ingenieros que colaboraron transmitiendo conocimientos, seguidamente se hace descripción de los ACEROS más utilizados, su clasificación y propiedades. Enseguida, se presenta la definición de los procesos de SOLDADURA , la denominación de los electrodos, problemas comunes encontrados en uniones soldadas, tablas con material de aporte para soldar aceros al carbón, cromo, aceros inoxidable Austeniticos, Ferriticos, Martensiticos, aleaciones base niquel, aluminio, corrosión, métodos para controlar la corrosión.

Información referente a tuberías que es un tubo, componentes para tubería, que es un circuito de tubería, tablas de tuberías finalmente todo lo referente a inspección de tuberías.

La parte teórica que describe el documento son basados en los conocimientos prácticos, han sido adquiridos a través de la experiencia obtenida, cursos recibidos por el autor durante 20 años de permanencia en la Refinería de Barrancabermeja.

Por lo tanto el análisis e interpretación de la información aquí suministrada es responsabilidad expresa del autor.

Existen muchas tuberías de diferentes materiales pero este documento trata únicamente de tuberías metálicas.

DANIEL TOLOSA G

Técnico inspector SENIOR

INDICE

	Pagina
• AGRADECIMIENTO	4
• NORMAS APLICABLES	5
• ELEMENTOS BASICO DE LOS ACEROS	7
• CLASIFICACION DE LOS ACEROS	8
• ACEROS AL CARBONO	15
• TIPOS DE ACERO AL CARBONO	15
• USOS DE LOS ACEROS AL CARBONO	18
• ACEROS DE MEDIA Y BAJA ALEACION	19
• ACEROS INOXIDABLES AUSTENITICOS	23
• ACEROS INOXIDABLES FERRITICOS	29
• ACEROS INOXIDABLES MARTENSITICOS	32
• ACEROS INOXIDABLES DUPLEX	35
• PROCESO DE SOLDADURA	37
• DEFINICIONES	37
• NOMENCLATURA DE ELECTRODOS	48
• SMAW PARA ACEROS AL CARBONO	49
• SMAW PARA ACEROS INOXIDABLES	51
• CRITERIOS PARA SELECCIONAR METAL DE APORTE	53
• POSCALENTAMIENTO (ALIVIO) DE SOLDADURAS	55
• ELECTRODOS PARA JUNTAS DISIMILES	58
• PROBLEMAS COMUNES EN SOLDADURAS	61
• CONTROL DE FERRITA EN ACERO INOXIDABLE	63
• SUSTANCIAS QUE PRODUCEN ATAQUES A LAS SOLDADURAS	63
• QUE ES DUREZA	65
• CONTROLES DE CALIDAD PARA SOLDADURAS EN TUBERIA	69
• CURVA DE PRE Y POSCALENTAMIENTO DE ALGUNOS ACEROS	73
• QUE ES CORROSION	74
• TIPOS DE CORROSION	75
• FACTORES DE CORROSION EN LOS INOXIDABLES	81
• FASE SIGMA	82
• PROTECCION CONTRA LA CORROSION	84
• PROTECCION CATODICA	85
• QUE ES UN TUBO O PIPE FABRICACION DE TUBERIA	92
• COMPONENTES O ACCESORIOS PARA TUBERIA	96
• BRIDAS DE ORIFICIO PARA QUE SE UTILIZAN	99
• EMPAQUES	102
• PERNO O ESPARRAGOS	106
• VALVULAS	106
• JUNTAS DE EXPANSION	116
• SOPORTE DE RESORTES PIPE HANGER	122
• DESIGNACION DE MATERIALES ASTM	124
• COMO DIFERENCIAR UN MATERIAL	133
• AISLAMIENTO DE TUBERIAS	140
• CIRCUITO DE TUBERIAS	142
• INSPECCION DE TUBERIAS	144
• INSPECCION POR MEDICION DE ESPESORES	166

• QUE ES TRANSICION	117
• INSPECCION SUPLEMENTARIA	175
• CUIDADOS EN LA INSPECCION DE TUBERIA EN REFINERIA	178
• INSPECCION DE GASODUCTOS	182
• INSPECCION DE TUBERIA DE CALDERAS Y HORNOS	185
• INSPECCION DE TUBERIA INTERCAMBIADOR	190
• CAUSAS DE CORROSION TUBERIA INTERCAMBIADOR	192
• PARA TENER EN CUENTA	203
• BIBLIOGRAFIA	205

AGRADECIMIENTOS

LOS SIGUIENTES INSPECTORES DE EQUIPOS DE LA GERENCIA COMPLEJO
BARRANCABERMEJA APORTARON SUS CONOCIMIENTOS

Ing. Jaime Rodrigo Oviedo

Ing. Henry Lizcano Paez

Ing. Miguel Angel González

Ing. Fernando Palomino Carrillo

Ing. Gilberto Camargo Ortiz

Ing. Arturo Saldarriaga Corrales

Ing. Luis Eduardo Loaiza

Ing. Raul Niño Romero

Ing. Jaime Andres Alvarez

Ing. Edgar Castiblanco Fajardo

Ing. Guillermo Villamil Vela

NORMAS APLICABLES

API 570 INSPECCION REPARACION ALTERACION DE SISTEMAS DE TUBERIAS EN SERVICIO

API 571 MECANISMOS DE FALLA QUE AFECTAN EQUIPOS EN LA INDUSTRIA PETROLERA

API 574 PRACTICAS PARA INSPECCION DE TUBERÍAS Y COMPONENTES.

ASME SECCION IX SOLDADURAS Y PROCEDIMIENTOS

ASME SECCION II ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

ASME SECCION VIII DIV 1 PRUEBAS HIDROSTATICAS

ASME B 31.3 DISEÑO DE TUBERIAS DE PROCESO

ASME B31.8 DISEÑO DE TUBERIAS PARA TRANSPORTE DE GAS

ANSI B 36.10 TUBERIAS DE ACERO AL CARBON

ANSI B 36.19 TUBERIAS ACERO INOXIDABLE

ANSI B 16.9 ACCESORIOS PARA SOLDAR A TOPE

ASME B16.34 VALVULAS BRIDADAS ROSCADAS Y SOLDADAS

ASME B 16.47 RESISTENCIA DE BRIDAS.

ASME B 16.20 EMPAQUES METALICOS

ASME B 16. 21 EMPAQUETADURA NO METALICA

ANSI B 16.5 DIMENSIONES DE EMPAQUETADURAS –RESISTENCIA DE BRIDAS

ASME B 16.10 DIMENSIONES DE VALVULAS

ASME B 16.11 ACCESORIOS FITING FORJADOS, SOKET Y ROSCADOS.

ASME 16. 12 CAST IRON THREADED

ASME 16. 1 MATERIALES CAST IRON

ASME B 16. 36 BRIDAS DE ORIFICIO

ASME B31G MANUAL PARA DETERMINAR VIDA REMANENTE

ANSI/ASME 16.37 Hidrostatic testing of control valves

ASTM NORMA AMERICANA ESPECIFICACION DE MATERIALES.

ASTM D 3276.94 PREPARACION DE SUPERFICIE PARA PINTURA

En inspecciones y pruebas ASME sección V (exanimación no destructiva)

ASME SECCIÓN V ARTICULO 6 ASTM E 165 TINTAS PENETRANTES

ASME SECCION VIII DIV 1 APENDICE MANDATORIO # 8. INDICA RANGO DE INDICADOR DE PRESION.

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

Prueba de dureza ASTM E 10, ASTM E 18, ASSTM E 92 ASTM E 110

ASME SECCION VIII DIV 2 TABLA AD. 150.1 PRUEBA HIDROSTATICA CAUSAS DE RECHAZO.

ELEMENTOS BASICOS DE LOS ACEROS

DEFINICIÓN E IMPORTANCIA

Los aceros son aleaciones Fe-C que presentan en su composición química contenidos de carbono no mayor al 2%. Existe una gran variedad de aceros al carbono con un amplio rango de propiedades físicas y mecánicas, dependiendo de los contenidos de silicio, manganeso, molibdeno, cromo y vanadio. Son las aleaciones de acero mas económicas y de amplio uso en el mercado especialmente en la fabricación de estructuras.

En la medida que se necesito obtener aleaciones de acero con mejores propiedades mecánicas y de resistencia a la corrosión y oxidación, se incrementaron las adicciones de cromo y molibdeno, dando paso a los aceros de media y baja aleación.

Los aceros INOXIDABLES son aleaciones base hierro que contienen al menos 11% de CROMO. Ellos obtienen características de INOXIDABLE debido a la formación de una capa de oxido invisible y muy adherente, rica en cromo (cromita Cr_2O_3) que aísla el acero de los contaminantes del medio ambiente y lo autoprotegen, especialmente del oxígeno. De allí su nombre de inoxidable. Por tal razón se le puede denominar AUTOPASIVANTE.

A los ACEROS INOXIDABLES se les puede agregar mas cromo u otros elementos para darles una característica o propiedad particular. Tales elementos pueden ser: Níquel, Molibdeno, Cobre, Titanio, aluminio, Tantalio, Columbio, Niobio, Silicio, Nitrógeno, azufre, y el selenio.

Como se trata de un ACERO, contiene por ende CARBONO, el cual normalmente esta presente desde 0.2% hasta 1.1% en peso.

Los elementos que se agregan solos o combinados, en diversas proporciones definen la importancia de cada tipo de inoxidable, porque le dan propiedades especificas que los distinguen de los demás. Las propiedades, que se deben tener en cuenta cuando se van a SELECCIONAR los aceros inoxidables, están relacionadas con la resistencia a la corrosión, resistencia a la oxidación y sulfatación, facilidad de fabricación, resistencia a la abrasión, resistencia mecánica y resistividad eléctrica.

Sin embargo, la resistencia a la corrosión y las propiedades mecánicas, son los factores mas importantes por los cuales un diseñador escoge un ACERO INOXIDABLE.

CLASIFICACION DE LOS ACEROS

Los aceros son comúnmente divididos en 6 grupos:

1. Aceros para maquinaria
2. Aceros al carbono
3. Aceros de baja y media aleación.
4. Aceros inoxidable Austeníticos
5. Aceros inoxidable Ferríticos.
6. Aceros inoxidable Martensíticos
7. Aceros inoxidable Dúplex (ferrítico-austenítico)

Aceros para maquinaria

- Laminado en caliente
- Calibrado en proceso similar al trefilado.
- Torneado
- Recocido: Viene con dureza 180-220 HB
- Bonificado: Viene con dureza 280-320 HB

Aceros al carbono para temple y revenido

S1035 - S1040 - S1045

Acero de resistencia media, tratados térmicamente por temple convencional en aceite, permite obtener durezas de 55-58 HRC.

Aplicaciones

- Herramienta agrícola
- Pernos, ejes, tornillos grado 5

Aceros al carbono para temple y revenido

S 4140 – S4337 – S4340

Aceros de gran templabilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga, viene en estado Bonificado con 30-32 HRC

Aplicaciones

Tornillería de alta resistencia grado 8, bielas para motores, ejes de transmisión.

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

Tratamientos Térmicos

Para un buen rendimiento de la herramienta, además de la selección adecuada del acero, importa mucho que el tratamiento térmico sea apropiado.

Recocido

Se utiliza para ablandar el material y dejarlo optimo para el mecanizado.

Temple

Se utiliza para darle dureza al material y así elevar las propiedades mecánicas.

Revenido

Se efectúa inmediatamente después del temple para alivio de tensiones.

Normalizado

Se utiliza para homogenizar la estructura después de un mecanizado fuerte.

Tratamientos térmicos de los aceros para herramientas

Como logra un buen tratamiento térmico

- Dar relevo de tensiones luego del mecanizado.
- Tener un buen acabado superficial.
- Evitar aristas vivas.
- Respetar las temperaturas de temple y tiempo de inmersión al baño.
- Evitar cambios bruscos de espesores y secciones.
- Luego del temple revenir antes que la pieza llegue a temperatura ambiente.
- Analizar el tamaño y la forma de la pieza para su correcta colocación en el baño y el medio ambiente.

Factores que intervienen para que la herramienta no tomen la dureza requerida

Cuando no toman dureza:

1. No calentar a una temperatura lo suficientemente elevada.
2. No enfriar con la rapidez requerida, especialmente cuando se emplean hornos al vacío.
3. Descarburización de la superficie del metal lo cual causa una superficie suave
4. Retención de austenita como resultado de un calentamiento a temperaturas excesivamente altas, o por tener metal carburizado.
5. Mezcla accidental de grados de acero.

AISI / SAE 1020

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARACTERÍSTICAS MECANICAS:

C	Mn	P max	S max	Si
0,18/0,23	0,3/0,6	0.04	0.05	0,15/0,30

Estado del material	Resistencia a la tracción Kg/mm ²	Limite de elasticidad Kg/mm ²	Elong. %	Reduc. de Area %	Dureza Brinell Aprox
Recocido	45-55	30	35	60	130
Normalizado	50-60	35	30	55	150
Calibrado	55-70	45	10	35	186
Cementado Templado y Revenido	70-85	45	15	45	-

TEMPERATURAS DE TRATAMIENTO TERMICO

Tratamiento	Temperatura	Enfriamiento
Forja	(1150-850)°C	Arena seca o al aire
Recocido de ablandamiento	(670-700)°C	Horno
Normalizado	(880-910)	Aire
Cementación	(880-910)°C	Agua
Temple	(770-800)°C	Agua
Revenido	(150-250)°C	Aire

AISI / SAE 1045**COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARACTERÍSTICAS MECANICAS**

C	Mn	P.max	S.max	Si
0,43/0,50	0,60/0,90	0.04	0.05	0,20/0,40

Estado del material	Resistencia a la tracción Kg/mm²	Limite de elasticidad Kg/mm²	Elong. %	Reduc. De Area %	Dureza Brinell aprox
Laminación en caliente	60	35	18	40	240
Normalizado	58	34	14	40	230
Recocido	56	32	25	55	220
Calibrado	62	52	10	35	260
Templado y revenido 450°	75/90	50	16	40	220/265

TEMPERATURAS DE TRATAMIENTOS TERMICOS

Tratamiento	Temperatura °C	Enfriamiento
Forja	(850-1100)	Cenizas – Arena seca
Normalizado	(850-880)	Aire
Recocido Subcritico	(670-710)	20°C/hora hasta 560°C, luego al aire
Temple	(840-860)	Agua-Aceite
Revenido	(530-620)	Aire

AISI / SAE 8620**COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARACTERÍSTICAS MECANICAS**

C	Mn	P.max	S.max	Si	Cr	Ni	Mo
0,18/0,23	0,70/0,90	0,04	0,04	0,15/0,30	0,40/0,60	0,40/0,70	0,15/0,25

		Tm			TF Min			
Estado del material	Diámetro mm	Kgs. mm ²	P.S.I. 1000	Kgs. mm ²	P.S.I. 1000	A % min	Z % min	HB aprox
Recocido	25	-	-	-	-	-	-	230
Cementado	12	100/130	142/184	75	106	9	30	-
Templado	25	80/105	113/149	55	48	11	40	-
	Revenido	50	75/90	106/127	50	71	12	40

TEMPERATURAS DE TRATAMIENTO TERMICO

Normalización °C	Sub-critico °C	Cimentación °C	Temple de tenacidad o I Temple °C	Temple de dureza o II Temple °C	Revenido °C	Forja °C
870	650	900	870	800	150	1200
950	700	930	930	860	230	1050
			aceite	aceite		

AISI / SAE 4340

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARACTERÍSTICAS MECANICAS

C	Mn	P.max	S.max	Si	Cr	Ni	Mo
0,38/0,43	0,60/0,80	0,035	0,04	0,20/0,35	0,70/0,90	1,65/2,00	0,20/0,30

Estado del material	Resistencia a la tracción Kg/mm ²	Limite de elasticidad Kg/mm ²	Elong %	Reduc. de area %	Dureza Brinell Aprox
Recocido	65/75	45	20	50	210
Calibrado	75/85	65	10	30	240
Temple 850°C Aceite revenido a 600°C	90/110	80	19	45	302

TRATAMIENTOS TERMICOS

TRATAMIENTO	TEMPERATURA °C	ENFRIAMIENTO
Forja	1100-850	Cenizas o Cal
Normalizado	830-850	Aire
Recocido Subcritico	690-720	Horno
Temple	820-890	Aceite
Revenido	540-660	aire

AISI / SAE 420**COMPOSICIÓN QUÍMICA**

C	Cr	Mo
0.36	16	1.2

TRATAMIENTO TERMICO

Tratamiento	Temperatura °C	Enfriamiento	Dureza HB
Recocido	760-800	Al horno	230
Temple	1020-1050	Aceite	49

ACEROS AL CARBONO

GENERALIDADES

Los ACEROS AL CARBONO, pueden definirse simplemente como aleaciones de hierro y carbono (Fe-C), las cuales no contienen mas de 2.0% de carbono. Desde 1920, una gran variedad de aceros han sido desarrollados para múltiples usos.

Todos ellos son básicamente aleaciones base Hierro Carbono, pero algunos difieren en su contenido de carbono, mientras otros contienen otros elementos como aleantes. De esta manera se han producido varias clases de aceros , con un amplio rango de características y propiedades físicas y mecánicas, indispensables para los requerimientos específicos de muchas aplicaciones industriales.

Todos los procesos modernos de la manufactura del acero al carbono, parten del hierro fundido, el cual es transformado en acero por la oxidación de impurezas con el aire. El Carbono, silicio y Manganeso son removidos por oxidación, pero el fósforo y azufre requieren un proceso de oxidación básica. Los principales métodos de fabricación del acero para subsiguiente rolado o forjado son: Open Herat básico, básico eléctrico, oxígeno básico y ácido bessemer. Cada proceso de estos requiere de una carga de materiales especiales, fundición de hierro con chatarra o sencillamente chatarra. El tipo de material a usar depende de la composición química y características del acero a obtener.

TIPOS DE ACERO AL CARBONO

En la mayoría de los procesos de fabricación de los aceros al carbono, la reacción primaria es la combinación del Carbono y Oxígeno para formar un gas. Si el oxígeno disponible para esta reacción no es removido antes o durante el moldeado por adicción de Silicio, Aluminio o cualquier otro desoxidante, los productos gaseosos se quedan dentro del baño metálico. El control eficiente de estos gases determinan la calidad del acero y por lo tanto el tipo de acero. Si no queda gas atrapado en el metal, se le conoce como acero MUERTO o Killed Stell. Si alguna cantidad de gas queda inmersa en el acero este se llamara Acero semi muerto (Semi -Killed Stell) y si no se efectúa desoxidación el acero se llamara acero Rimmed. Los desoxidantes actúan mas eficientemente cuando el acero llega a 1600°C.

KILLED STELL (70000 psi desoxidado y pasivado).

Este tipo de acero es completamente desoxidado y esencialmente no hay evolución de gas durante el proceso de solidificación. Consecuentemente se forma una cavidad o burbuja grande en la parte superior del molde, la cual es removida del acero para obtener un acero muy puro.

Este tipo de acero presenta una composición química muy uniforme si se compara con otros tipos de acero. Contiene alrededor de 0.25% de carbono, 0.10% de Silicio mínimo y algunos con pequeñas cantidades de aluminio, puesto que este es desoxidante.

Los mas conocidos son: A-200, A-515, A-516, A-517.

SEMI KILLED STEEL (60000 psi)

Este acero presenta una pequeña variación en su composición. El es parcialmente desoxidado con silicio, Aluminio o ambos, pero no se consigue una suficiente retención de evolución del gas, así que la zona superior del molde presentara las concavidades mas grandes en donde parcialmente se aloja el gas y en el resto las cavidades son mínimas especialmente hacia las zonas de alta solidificación. Estos aceros contienen entre 0.15% y 0.25% de Carbono y aproximadamente 0.05% de Silicio. En laminas la mas conocida en la GCB es A-285.

RIMMED STEEL

Existe una marcada diferencia entre la composición química de estos aceros en toda su longitud en un lingote. Las cantidades de carbono, Azufre, fósforo e inclusiones no metálicas se concentraran en el centro del molde. Mientras un promedio mas bajo de estos aleantes se encuentran en la parte exterior del lingote. Una marcada evolución de gas durante la solidificación ocurre en los extremos del molde. Cuando la solidificación empieza, la concentración de elementos se incrementa en el liquido, mientras las burbujas se concentran en la parte solidificada.

Estos aceros normalmente contienen menos de 0.25% de Carbono, menos de 0.60% de Manganeso y 0.01% de Silicio máximo. El patrón de la estructura de los RIMMED STEEL se conserva durante el rolado y sus inclusiones se deforman a lo largo de la laminación. Su tamaño y ubicación definen la calidad del rimmed steel. En laminas la mas conocida en la GCB es la A-283.

VENTAJAS TECNOLÓGICAS

La mayor aplicación a nivel mundial en la mayoría de los servicios, esta dada para los aceros al carbono. Su ventaja competitiva se basa en su costo y facilidad de fabricación, porque se dispone de materia prima en abundancia.

El diseño de las aleaciones de baja y media aleación y de los inoxidables, marcaron un suceso extraordinario en el ámbito mundial, porque estos aceros empezaron a poseer cualidades

importantes por encima de los aceros al carbono. Las características que se tuvieron en cuenta para ir dándole específicas aplicaciones, fueron las siguientes:

- Resistencia a la corrosión
- Resistencia a la sulfidación y oxidación.
- Alta resistencia mecánica a temperatura ambiente
- Alta resistencia mecánica a alta temperatura.
- Manejabilidad y tecnología de fácil fabricación
- Facilidad de limpieza
- Ductilidad
- Estabilidad de las propiedades altas temperaturas
- Resistencia a la abrasión y a la erosión
- Tenacidad
- Reflectibilidad
- Propiedades magnéticas
- Conductividad térmica
- Expansión térmica
- Resistividad Eléctrica
- Rigidez

Tecnológicamente los aceros están disponibles en diferentes formas:

Platinas, Laminas, barras, foil, alambres, alambrones, forjados, fundiciones, tubería en sus tres formas (Tubes, Pipes, Tubing).

Estos productos están agrupados, de acuerdo con la AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM) en las siguientes normas:

Laminas y platinas ASTM A-283, A-285, A-515, A-516, A-335 y A-240.

Barras de acero en AISI 1010, 1020, 4120, 4340, ASTM A-479.

Elementos forjados en ASTM A-181, A-105, A-473.

Tubería TUBE en ASTM A-178, A-179, A-213, A-333, A- 249, A-268, A269, A 511, A-632, A-668, A-771 y A-791.

Tubería PIPE en ASTM A-53, A-106, A-312, A-376, A-409, A-430, A-731, A-813 y A-814.

Accesorios ASTM A-234, A-193, A194.

El A 333 es usado en planta de Etileno para manejo de productos a temperaturas bajo cero viene en grados 3 y 6, el grado 6 es soldable con E 7018-1 no requiere tratamiento térmico; el grado 3 es soldable con 8018 C2 requiere tratamiento térmico.

USOS DE LOS ACEROS AL CARBONO

Se utilizan para el manejo de derivados del petróleo a relativas bajas temperaturas, crudo con bajos contenidos de azufre y ácidos orgánicos (menor de 1% en peso de azufre), vapor, diferentes tipos de aguas (industrial, condensada, potable), gases de combustión a baja temperatura etc.

Su temperatura de uso se limita hasta 600°F en ambientes con bajos contenidos de oxígeno.

Los aceros al carbono no pueden ser utilizados en servicios de alta presión con hidrógeno, servicios de alta temperatura o en fluidos de alta peligrosidad. Son débiles ante las bacterias de agua industrial, ácido naftenico.

SOLDABILIDAD

Los aceros al carbono tienen alta capacidad para combinarse entre si y con otras aleaciones. Cuando se van a soldar entre si, no hay que tomar especiales medidas de precaución, ni se debe tener preocupación por la estabilidad de la zona soldada; en general el acero se define como bien SOLDABLE.

Los factores que mas influyen para su soldabilidad son la composición química porque al calentarse y enfriarse rápidamente no se producen grandes alteraciones de sus propiedades. Existen algunas limitaciones en donde hay que realizar tratamiento térmico de relevo de esfuerzos en servicios especiales y cuando se sueldan formas irregulares o altos espesores.

El metal de aporte y la zona afectada por el calor no reviste alteraciones profundas y en general se conservan propiedades mecánicas, de impacto, de resistencia a la corrosión, tenacidad y ductilidad.

Soldaduras recomendadas para aceros al carbón, aceros al Níkel, aceros base Cromo, Níkel Cobre, para bajas temperaturas de servicio

Especificación ASTM

ACERO	No	Grado	Electrodo	Precalentamiento y entrapases °F	Possoldadura °F (1)
Acero desoxidado suave	A515		E 6015 (2)	60	1175-1250
	A516		E 7015 (2)		Mayores de ¾" espesor
	A106		E 6010 (2)		
2½ Ni	A 203	A,B	E 8015-C1	300-500	1175-1250
	A 203	D,E			Mayores de ¾" espesor

3½ Ni	A 333	3	E 8015-C2-E7010-A1	400-500	1175-1250 Mayores de ¾" espesor
9 Ni	A 353	3	ENiCrFe	400-500	1175-1250
CrCuNi	A 410		E8015-C1 (3)	300-500	1000-1100

(1). Una hora por cada pulgada de espesor.

(2). También usar EXX16-EXX18 electrodos de bajo hidrógeno.

(3) Sufijo C1-C2 se refiere a clasificación AWS electrodos específicos contienen 2½Ni y 3½Ni

ACEROS DE BAJA Y MEDIA ALEACIÓN

GENERALIDADES

Aceros de baja y media aleación contienen cantidades mayores de perlita, la cual se puede transformar mediante proceso de tratamiento térmico en martensita retenida y bainita, las cuales son fases que mejoran sustancialmente la resistencia mecánica.

Fue así como los aceros al carbono empezaron a sufrir variaciones y pasaron a ser aceros de baja y media aleación. Por ejemplo el Cromo aumento la resistencia a la corrosión y la oxidación a alta temperatura, el Molibdeno incremento la resistencia a creep a alta temperatura y el Níquel en adecuadas cantidades aumento la resistencia a la corrosión.

Los principales efectos de agregar algunos aleantes claves en estos tipos de aceros son:

CROMO (Cr)

Este elemento esencial que modifica las características de los aceros al carbono. El cromo tiene el efecto de incrementar la resistencia última a la tracción, la dureza y tenacidad del acero a temperatura ambiente. También contribuye de alguna manera a aumentar la resistencia del acero a altas temperaturas.

Una de las grandes fortalezas es aumentar en el acero la resistencia a la abrasión y/o desgaste. Provee una mejora en la resistencia a la corrosión atmosférica. El cromo es también un instrumento que sirve para incrementar la resistencia a la oxidación a alta temperatura.

La adicción de 1% de Cromo o mas puede causar un apreciable endurecimiento cuando el acero es calentado y enfriado al aire. Este factor también lo influye el contenido de carbono que acompaña al cromo en el acero.

NIQUEL (Ni)

Incrementa la resistencia del acero, pero menos que el manganeso, con reducción muy ligera de elasticidad.

En combinación con el cromo proporciona buenas propiedades de resistencia a la corrosión, mejora las propiedades de soldabilidad e incrementa notablemente la resistencia al impacto en aceros estructurales, especialmente a temperaturas criogénicas.

En cantidades de 5 al 60%, mantiene la estabilidad metalúrgica eliminando las fases ferrita.

Aumenta la resistencia a la fatiga y ala ductilidad.

Aumenta la resistencia a atmósferas carburantes y reductoras.

Reduce la resistencia en atmósferas sulfurosas.

MANGANESO (Mn)

Es un elemento importante para controlar la escoria en las fundiciones.

Mejora las propiedades de resistencia del acero, dañando ligeramente su elasticidad e influye favorablemente sobre las propiedades de soldabilidad y forja.

Incrementa la resistencia a la tensión en aprox. 10 Kg./mm² por cada punto porcentual de Manganeso agregado dentro de un rango de 1 a 3.

En un rango de 3 a 8%, el incremento de resistencia se eleva mas lentamente y con mas de 8% empieza a decaer. El punto de cedencia se comporta en forma similar.

MOLIBDENO (Mo)

La adicción de molibdeno incrementa en el acero su resistencia mecánica, limite elástico, resistencia al desgaste, cualidades al impacto y su dureza. El Molibdeno contribuye a mantener la dureza en un acero, esto quiere decir que puede ser calentado a rangos visibles de calor sin que pierda sus propiedades de dureza. Junto con el cromo, hace que el acero sea menos susceptible a la fragilizacion.

Contribuye al efecto sinergistico de resistencia a la picadura de un acero, cuando se junta con el cromo, porque contribuye a la reducción química del medio incrementando la pasividad bajo condiciones de oxidación. El Molibdeno también es muy efectivo como aleante, cuando ayuda a incrementar la resistencia al CREEP de un acero.

TIPOS DE ACERO DE BAJA Y MEDIA ALEACIÓN Y USOS

Son aquellos aceros que contienen alrededor de 0.15% de carbono, con contenidos de Fósforo y Azufre de max 0.05%. los principales aleantes que le dan características importantes son el Cromo y el Molibdeno. De allí se desprende su clasificación; la tabla siguiente muestra los diferentes tipos de acero de baja aleación de acuerdo al contenido de Cr y Mo, así mismo la condición de temperatura máxima recomendada de trabajo.

TIPO DE ACERO	MAX TEMP OPER. (°F)	USOS
Carbón Moly	650	Tubería de calderas, Gases, combustibles
½ Cr-½ Mo	670	(4140) Ejes, Ruedas Dentadas, herramientas
1 Cr-½ Mo	680	Ejes, Partes de Equipo Rotatorio
1½ Cr-½ Mo	700	Tubería calentadores, Intercambiadores
2 Cr - ½ Mo	740	Crudo reducido, Tubería hornos
2½ Cr- 1 Mo	750	Reactores, regeneradores
5 Cr -½ Mo	780	Tubería hornos, Intercambiadores
7 Cr- ½ Mo	820	Gasóleo, Tubería hornos
9 Cr- 1 Mo	900	Partes de hornos, Reactores

Uno de los factores importantes es la resistencia a la oxidación a alta temperatura, la cual es soportada por el contenido de Cromo. Tienen una buena resistencia a la corrosión del Azufre, Grafitización y Carburización.

Los de baja aleación tienen como gran debilidad es la baja resistencia al CREEP a alta temperatura.

Su otra gran cualidad es la resistencia a la fragilización por Hidrógeno.

Los de media aleación 5Cr y siguientes tienen buen comportamiento a la corrosión por ácidos naftenicos (orgánicos) y del azufre.

SOLDABILIDAD

Los aceros de baja y media aleación requieren de especiales medidas de precaución para su soldabilidad, porque los contenidos de Cromo y Molibdeno hacen que durante los procesos de trabajo caliente, la unión soldada y la zona afectada por el calor (Zona Haz) se altere en sus propiedades.

El factor que mas influye es la precipitación durante el enfriamiento, es la formación de fases duras y frágiles, como la martensita, que alteran la resistencia mecánica de la aleación. Por esta razón durante el proceso de soldadura hay que efectuar etapas de pre y poscalentamiento antes y después de unir las piezas.

El pre calentamiento permite preparar el metal para que reciba el baño metálico sin problemas y cause el menor daño posible.

El poscalentamiento trata de acomodar lo mas cercano posible al baño fundido y a la zona afectada por el calor, a las propiedades del metal base.

Los tratamientos térmicos permitirán recobrar propiedades como la resistencia mecánica, resistencia al impacto, resistencia a la corrosión, tenacidad, resiliencia y ductilidad.

A continuación se nombran los aceros cromados soldadura aplicar, temperatura de precalentamiento y alivio térmico.

Stell	ASTM especificación		Recomendaciones para soldadura		
	No	Grado	Electrodo	Temperatura de precalentamiento °F	°F de Tratamiento postwelded
½ Mo	A 155 A 335 A 369	Several P1 FP1	E 70XX-A1 E 7016 –A1	UP to 300	1150-1350
½Cr-½Mo	A 155 A 213 A 335 A 369	½Cr T2 P2 FP2	E 70xx-B1 E 80XX-B1	100-450	1150-1350
1 Cr-½Mo	A 155 A 213 A 335 A 369	1 Cr T12 P12 FP12	E 8015-B2 E 9015-B2	100-350	1150-1350
1¼Cr-½Mo	A 155 A199 A 200 A 213 A 335 A 369	1¼Cr T11 T11 T11 P11 FP11	E 8015-B2 E 9015-B2	100-350	1150-1350
2 Cr-½Mo	A 199 A 200 A 213 A 369	T3B T3B T3b FP3b	E 8015-B3 E 9015-B3	400-450	1250-1350
2¼ Cr-1 Mo	A 155 A 199 A 200 A 213 A 335 A 369	2¼Cr T22 T22 T22 P22 FP22	E 8015-B3 E 9015-B3	400-450	1300-1400
2½ Cr-½Mo	A 199 A 200	T4 T4	E 8015-B3 E 9015-b3	400-450	1300-1400
3 Cr-1 Mo	A 199 A 200 A 213 A 335 A 369	T21 T21 21 21 FP21	E 502	500-600	1300-1400
5 Cr-½ Mo	A 155 A 199 A 200 A 213 A 335 A 357	5 Cr T5 T5 T5 P5	E 502 8016B2	600-700	1350-1450

	A 369	FP5			
9 Cr	A 199 A 200 A 213 A 335 A 369	T9 T9 T9 P9 FP9	(9Cr-1Mo) 12 Cr E 410	600-800	1300-1400

Para los aceros de 2¼ Cr y siguientes se recomienda después del soldado, dejar enfriar por debajo de 600°F, para después aplicar el procedimiento de tratamiento térmico.

ACEROS INOXIDABLES AUSTENITICOS

GENERALIDADES

Los aceros inoxidable Austeniticos precipitan en una estructura cúbica centrada en las caras (FCC). Esta estructura se obtiene utilizando elementos austenizantes, es decir, que forman la estructura austenitica y la mantienen a temperatura ambiente. Tales elementos son: Níquel, Manganeso y Nitrógeno.

La austenita es esencialmente NO magnética y solo puede endurecer por trabajo en frío. Posee excelentes propiedades criogénicas y buena resistencia a alta temperatura.

El contenido de cromo va entre 16% y 26%, Níquel hasta alrededor de un 35% , y Manganeso hasta 15%.

Se les conoce como los inoxidable de la serie 300, cuyos tipos pueden contener grandes cantidades de Níquel y hasta 2% de Manganeso. También pertenecen a estos, unos pocos inoxidable de la serie 200, los cuales contienen Nitrógeno, de 4% a 15.5% de Mn y hasta 7% de Ni. Se le conoce como los aceros al Cromo níquel

Los Austeniticos además de los requerimientos mencionados para los aceros inoxidable al cromo: NO son magnéticos y tienen suficiente elementos austenizantes principalmente níquel, manganeso y nitrógeno, para precipitar en una estructura en esencia austenitica que permanece en todas las temperaturas.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Conductividad Térmica

La conductividad térmica de los aceros inoxidable Austeníticos es aproximadamente 50% menor que la del acero al carbono. Por esto, al diseñar intercambiadores de calor con tubería en acero inoxidable, hay que tener en cuenta esta disminución en transferencia de calor.

Al ser soldados, los aceros inoxidable concentran el calor en la zona de soldadura antes de disiparse rápidamente a través de la placa (metal base)) . Por este motivo se requiere menos calor para penetración de cordón determinada o para obtener un cordón fluido y uniforme. así también se debe utilizar menos calor (corriente) para prevenir quemaduras en espesores delgados.

Resistencia Eléctrica

La resistencia eléctrica es 6 a 12 veces mayor que la del acero al carbono; esto influye básicamente en el proceso de soldadura porque los electrodos de soldadura de acero inoxidable Austeníticos se calienta mas. Para esto se recomienda utilizar electrodos más cortos.

Expansión Térmica

La expansión térmica de los aceros inoxidable Austeníticos es aproximadamente mayor 50% que en el acero al carbono. Por esto, los Austeníticos son recomendables para la fabricación de juntas de expansión.

En cuanto a soldadura, durante el enfriamiento, las piezas tienden a combarse o pandearse, por ello es indispensable utilizar grapas, prensas o guías para contener deformaciones en secciones delgadas.

Efectos de los Agregados químicos

Los aceros inoxidable austeníticos son característicamente resistentes a la oxidación y corrosión. La adicción de cromo es altamente significativa para lograr esta característica.

El cromo cuando es agregado entre 16 a 25% forma una solución sólida con el hierro. La aleación tiene una estructura ferrítica fuertemente magnética . la adicción de níquel a la aleación de hierro – cromo –carbono elimina la estructura ferrítica magnética formando una estructura austenítica que se mantiene a toda temperatura. La aleación austenítica resultante, es una solución sólida de cromo-hierro-níquel NO magnética.

El silicio es un elemento particularmente importante en los tipos 310 y 312. a medida que aumentamos el contenido de silicio, aumentamos notablemente la resistencia a la oxidación y carburización a altas temperaturas. Contenidos altos de silicio aumentan la fluidez en fundiciones.

Otros elementos que influyen en las propiedades de los aceros inoxidable son: Mn que aumenta la resistencia mecánica. Ni que estabiliza la austenita y Carbono que aumenta la resistencia a la oxidación a alta temperatura.

Por otro lado el Mo aumenta la resistencia a la corrosión, y el Cb y Ti promueven la formación de carburos previniendo la formación de carburos de cromo que al final debilitan la aleación.

Propiedades mecánicas

Los aceros inoxidable austeníticos son reconocidos por su alta resistencia mecánica y su excepcional tenacidad, ductilidad y formabilidad.

Las propiedades de resistencia a la tensión a temperatura ambiente de todas las aleaciones de la serie 300, en condición de recocido, son similares. Sin embargo observamos que a 650°F los tipos 321, 347 y 309 tienen un mayor esfuerzo de ruptura que los tipos 304, 310 y 316.

Los tipos 309, 310 y 316 tienen el más alto valor de resistencia a la tensión, a 650°C (1200°F). Por lo general los esfuerzos de ruptura de las aleaciones grado H, son mayores que los demás grados; sin embargo los tipos 347 y 316 se aproximan a los grados **H** en similares condiciones.

En cuanto a la tenacidad al impacto, en los aceros inoxidable austeníticos en estado recocido es muy alta y su energía de impacto también es alta. Sin embargo a elevadas temperaturas la energía al impacto disminuye. El mejor comportamiento lo da el tipo 316.

A bajas temperaturas la resistencia al impacto de este tipo de aceros es de considerable importancia porque su contenido de níquel puede permanecer en estructura cúbica de cara centrada (FCC) a temperaturas bajo cero. Su utilidad en el servicio criogénico, por lo tanto es apreciable debido a su resistencia al impacto y corte.

Dureza

Los aceros inoxidable austeníticos de la serie 300 son considerados muy soldables (mucho más que los aceros inoxidable al cromo de la serie 400), debido a que no son endurecidos por cambios bruscos de temperatura, ni endurecibles por tratamiento térmico. La soldadura no afecta la resistencia o ductilidad del depósito, zona de fusión o metal base.

Estos aceros toman ligera dureza al trabajarlos en frío.

Usos y Aplicaciones

Debido a las magníficas propiedades mecánicas, estabilidad estructural, de resistencia a la oxidación a alta temperatura, de resistencia a la corrosión, de formabilidad, de expansión térmica, dilatación, etc, los aceros inoxidable austeníticos tienen grandes aplicaciones en todo tipo de industria. Un resumen de ellas son las siguientes:

Internos de hornos de producción, tubería de transporte, líneas de vapor, líneas de proceso, accesorios de tubería, soportería, tubería de intercambiadores de calor, sistemas exosto, partes de turbinas, compresores, bombas, turbinas a gas, válvulas, sistemas de control, internos de torres de destilación, cladding y lining, soldaduras, reactores, recipientes de mezclado, líneas de flujo, pilas, ducteria, sistema de control, tanques de almacenamiento, bafles de calderas, partes de turbomaquinaria, calentadores, partes de motores jet.

Los aceros inoxidable tipo 304, son los aceros austeniticos mas comunes, y debido a su excelente formabilidad y presentación tiene grandes usos en el área de decoración y en la fabricación de utilería para cocina.

A partir de el nacieron los austeniticos 18-8. si se le quita carbono forma el 304L resistente a la corrosión.

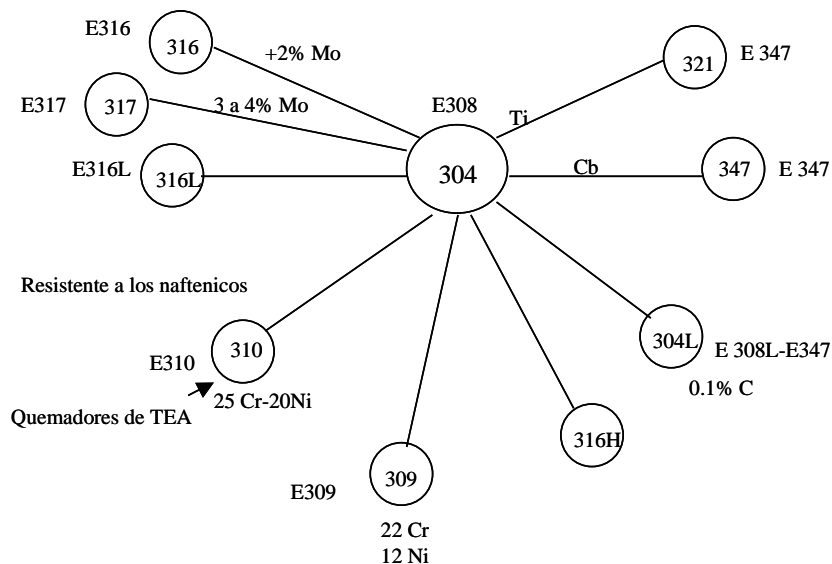
Cuando se le agrega el porcentaje de carbono al titanio forma el 321, se le agrega 10 veces el contenido de carbono en columbio y forma el 347, se le agrega el 2% en molibdeno y forma el 316.

ACEROS AUSTENITICOS

- 201** Bajo níquel equivalente al 301; el Ni parcialmente se sustituye por Mn; tiene alta rapidez de endurecimiento por trabajo.
- 202** Bajo níquel para propósito general, equivalente al 302; el Ni parcialmente se sustituye por Mn
- 301** Mayor cantidad de endurecimiento por trabajo mediante menor contenido de Cr y Ni; se utiliza en caso de alta resistencia y ductilidad
- 302:** Aleación base para este grupo se emplea para adornos, equipos para manejo de alimentos.
- 302B** Mas resistente a la formación de escamas que el 302, debido al contenido de Si; se utiliza para piezas de hornos y en elementos de calefacción.
- 303** Modificación del maquinado libre (Contiene S) del 302.
- 303Se** Modificación al maquinado libre (contiene Se del 302
- 304L** Modificación del extrabajo carbono del 304.
- 304** Modificación del bajo carbono del 302.
- 305** Alto contenido de Níquel para disminuir la cantidad de endurecimiento por trabajo
- 308** El mayor contenido de aleación (Ni y Cr) aumenta la resistencia a la

corrosión y al calor

- 309** Semejante al 308 excepto que el contenido de la aleación (Ni-Cr) es mayor.
Se emplea en calentadores para avión.
- 309S** Modificación de bajo carbono del 309, para mayor soldabilidad.
- 310** Semejante al 309 excepto que el contenido de aleación (Ni-Cr) es mayor; se utiliza para intercambiadores de calor y TIPS de las Teas.
- 310S** Modificación al bajo carbono del 310 para mayor soldabilidad.
- 314** Semejante al 310, excepto que el mayor contenido de silicio aumenta la resistencia a la formación de escamas a alta temperatura.
- 316** Mayor resistencia a la corrosión que el 302 o 304, debido al contenido de **Mo**; tiene alta resistencia a la fluencia.
- 316L** Modificación al bajo carbono del 316, para construcción soldada.
- 317** El mayor contenido de Mo que el 316 mejora la resistencia a la corrosión y a fluencia
- 321** El contenido de **Ti** evita precipitar el carburo de cromo durante la soldadura.
- 347** Semejante al 321, excepto que se le añade **Cb** o **Ta** a fin de estabilizar las aplicaciones soldadas.
- 348** Semejante al 347, excepto por un límite máximo de Ta; tiene aplicación en el campo de la energía nuclear.



COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ALGUNOS AUSTENITICOS

TIPO	C%	Mn%	Si%	Cr%	Ni%	Mo%
304	0.08	2.00	1.00	18-20	10-14	
304L	0.03	2.00	1.00	18-20	8-12	
316	0.08	2.00	1.00	16-18	10-14	2.0-2.5
316S	0.08	2.00	1.00	16-18	12-14	2.5-3.0
316L	0.03	2.00	1.00	16-18	10-14	2.0-2.5

Soldabilidad

Los aceros inoxidable Austeniticos tienen características de ALTA soldabilidad semejante a la de los aceros al carbono. Por lo general no requieren procesos de pre y pos calentamiento, porque el proceso de trabajo en caliente no modifica sustancialmente sus propiedades. Podemos decir que son las aleaciones mas nobles para soldar.

Su especial cuidado se da en la selección adecuada de los electrodos de aporte. Hay que seleccionar una composición química que permita mantener las propiedades mas cercanas posibles a las de el metal base. El tratamiento térmico tiene poco o ningún efecto en la tenacidad de la estructura, resultado del poco alargamiento del grano por la alta temperatura.

Los electrodos seleccionados deben producir depósitos con contenidos relativos de ferrita para evitar el agrietamiento en caliente, durante el proceso de soldadura. Estos contenidos deben ser limitados porque un exceso también puede producir en servicios problemas de corrosión intergranular, debido a la perdida de resistencia a la corrosión de esta fase con relación a la austenita.

Electrodos a aplicar en algunos tipos de Cladding.

Cladding Type	Electrodo
304	E 309
304L	E309Cb-E309L
321	E309Cb
347	E309Cb
309	E309
310	E310
316	E309Mo
316L	E309Mo-E317L
317	E317-E309Mo
317L	E309Mo-E317L

ACEROS INOXIDABLES FERRITICOS

GENERALIDADES

Los aceros inoxidable ferriticos, son esencialmente aleaciones de Cromo y Carbono, los cuales precipitan en una estructura cúbica centrada en el cuerpo. El Cromo esta usualmente en el rango de 11% al 30%. Algunos grados pueden contener Mo, Si, Al, Ti y Nb para conferirle propiedades especificas.

Son aleaciones ferro – magnéticas con buenas propiedades de ductilidad y formabilidad. Pero son relativamente pobres a esfuerzos a altas temperaturas comparados con los grados austeniticos. La tenacidad puede ser limitada a bajas temperaturas y en secciones pesadas.

Los aceros inoxidable ferriticos al igual que los martensiticos, son conocidos como los aceros de la serie 400, comúnmente referidos como aceros al CROMO.

Los ferriticos contienen entre 10 y 28% de CROMO, son muy magnéticos y su principal ventaja es la resistencia a la oxidación a alta temperatura, la cual es comparable con los grados austeniticos. Los FERRITICOS también pueden tener alta resistencia al ataque de sales fundidas.

Su estructura es esencialmente ferritica y se mantiene a toda temperatura.

Existen dos clases de FERRITICOS, los parcialmente endurecibles y los no endurecibles. Desde el punto de vista de costo, los ferriticos podrían ser utilizados de preferencia sobre los austeniticos, permitiendo aún mayores condiciones de esfuerzo.

A los inoxidable FERRITICOS se les agregan pequeñas cantidades de Molibdeno con el propósito de aumentarles su dureza y su tenacidad. Algunos contienen Vanadio para refinar su grano, mejorar sus propiedades mecánicas y la dureza en caliente.

Conductividad Térmica

La conductividad térmica de los FERRITICOS es aproximadamente 40% menor que la del acero al carbono.

Los FERRITICOS pueden ser mas deseables que los Austeniticos en aplicaciones en donde existen ciclos térmicos debido a que tienen una mayor conductividad térmica y mas bajo coeficiente de expansión térmico que los Austeniticos.

Resistencia Eléctrica

La resistencia eléctrica es 5 a 10 veces mayor que la del acero al carbono; esto influye básicamente en el proceso de soldadura porque los electrodos de soldadura de acero inoxidable

Ferriticos se pueden calentar mas. Para esto se recomienda utilizar electrodos cortos y aplicar cordones angostos y también cortos.

Expansión Térmica

La expansión térmica de los aceros inoxidables Ferriticos es aproximadamente mayor un 40% que en el acero al carbono.

Por esta importante razón, los aceros FERRITICOS pueden permitir reducciones en esfuerzos térmicos y ofrecen una mayor resistencia a la rotura por fatiga térmica.

Efecto de los Agregados Químicos

Los aceros inoxidables FERRITICOS son caracterizados por el contenido de cromo el cual afecta las siguientes propiedades:

Cromo (Cr):

Incrementa la dureza, la resistencia mecánica y reduce ligeramente la elasticidad.

Mejora la resistencia al calor y la oxidación a alta temperatura, junto al carbono forma un carburo de alta resistencia al desgaste, pero muy frágil.

Aumenta la resistencia a la tensión del acero de 8 a 10 Kg/cm² , por cada punto porcentual de cromo agregado; también incrementa el punto de cadencia pero no a la misma velocidad; la resistencia al impacto se reduce.

El Cromo es soluble en hierro y se utiliza ampliamente para proporcionar resistencia a la corrosión, abrasión y desgaste superficiales.

Molibdeno (Mo)

La función principal del molibdeno consiste en aumentar la dureza y tenacidad del acero.

Mejora la resistencia a la tensión, especialmente la resistencia al calor, e influye favorablemente sobre las propiedades de soldabilidad.

Un alto contenido de molibdeno en un acero dificulta los trabajos de forja.

Normalmente se utiliza combinado con cromo para mejorar las propiedades mecánicas, el punto de cedencia y la resistencia a la tensión.

Es un elemento aleante que se puede escoger para trabajar con aceros de alta velocidad y trabajo en caliente.

Tiende a proveer la formación de la fase sigma, dentro de ciertos limites de composición química, por lo que se debe controlar su balance químico.

Tiene fuerte tendencia a la formación de carburos.

Vanadio (V)

Refina el grano y mejora las propiedades mecánicas. En pequeñas cantidades mejora la dureza en caliente y reduce el crecimiento de grano.

Mejora las propiedades de corte en aceros de herramientas. En combinación con el cromo se prefiere para aceros estructurales y resistentes al calor.

Mejora la resistencia a la tensión y el punto de cedencia; especialmente las propiedades de dureza en caliente. Es fuerte formador de carburos.

PROPIEDADES MECANICAS

De acuerdo con las propiedades mecánicas, los aceros inoxidables ferríticos se dividen en PARCIALMENTE ENDURECIBLES y los no ENDURECIBLES.

Aceros inoxidables Ferríticos parcialmente endurecibles y usos

Tiene un contenido de cromo entre 15 y 18%, con un adecuado balance de carbono, sin embargo algunas aleaciones se diseñan con contenidos bajos en carbono.

Su característica se debe al crecimiento del grano resultando con zonas blandas y fáciles de manejar.

Al soldar un acero parcialmente endurecible resulta en depósitos y zonas afectadas por el calor menos duras y menos frágiles en comparación con los aceros ferríticos totalmente endurecibles pero que no son inoxidables (ejemplo 5% Cr y 9% Cr).

También la característica de ser parcialmente endurecibles resulta de un enfriamiento del grano que proviene del crecimiento de granos de mayor tamaño presente en los aceros al cromo endurecibles.

Por ser estas aleaciones parcialmente endurecibles es recomendable dar precalentamiento y poscalentamiento. Debe aplicarse recocido cuando se vaya a someter a grandes esfuerzos de trabajo.

A esta clasificación de parcialmente endurecibles pertenecen los FERRITICOS tipo 429, 430, 431, y 434.

Presentan un contenido de carbono de 0.12%, excepto el 431 que llega hasta 0.20% siendo por esta razón mas endurecible.

A temperatura ambiente las propiedades mecánicas son muy equivalentes a las de los aceros inoxidables Austeníticos, pero a elevadas temperaturas su esfuerzo de ruptura es mucho mas bajo.

USOS

Utilizados para almacenamiento y tuberías en el manejo de ácido NITRICO, partes de quemadores de hornos y calderas tales como dispersores, boquillas y pilotos de encendido. Se

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

utiliza también para fabricar partes de TEAS, especialmente canastas anti vientos. También son usados en intercambiadores de calor, tanques de agua caliente y condensadores.

Aceros inoxidables Ferríticos no endurecidos y usos

Algunos de estos aceros inoxidables tienen un contenido de cromo de 13% balanceados con elementos que no le permiten endurecerse. Tal es el caso de los tipos 405 y 409 cuyo bajo contenido de carbono y las adicciones de aluminio no le permiten endurecerse con tratamiento térmico.

El tipo 409 tiene composición similar al 405, solo que contiene pequeñas cantidades de titanio para estabilizar la aleación de los problemas de corrosión intergranular.

El tipo 405 se utiliza cuando se requiere un acero relativamente blando.

Estos aceros al ser soldados producen depósitos, blandos pero carecen de tenacidad por el crecimiento del grano debido a las altas temperaturas de soldadura. La estructura áspera del grano reduce la tenacidad por efecto de las altas temperaturas de tal forma que el metal se vuelve frágil a pesar de ser blando.

Otros aceros Ferríticos no endurecibles, los componen los tipos 442, 444 y 446. El 442 posee entre 18 y 23% de Cr que le permite resistir altas temperaturas. Una modificación a esta aleación se consigue con el tipo 444, el cual posee pequeñas cantidades de estabilizadores de la aleación como **Ti + Nb**, con el propósito de resistir corrosión intergranular.

El tipo 446 contiene grandes cantidades de cromo (23 a 27%), dándole una característica de alta resistencia a la oxidación a alta temperatura.

Usos

Pueden soportar temperaturas del orden de 1149°C (2100°F), por lo tanto se utilizan como internos de hornos y calderas, partes de quemadores y teas.

430F: Modificación del maquinado libre del 430 (contiene S), para cortes pesados.

430: Aleación básica para este grupo; tipo de cromo no endurecible; se utiliza para adornos decorativos.

430Se: Modificación del maquinado libre del 430 (contiene Se).

405 : La adición de aluminio mejora la soldabilidad de esta otra forma de aleación martensítica haciéndola no endurecible.

442 : Alto contenido de Cromo para mayor resistencia a la corrosión y a la formación de escamas.

446 : El mayor contenido de cromo que el 442 aumenta la resistencia a la corrosión y a la formación de escamas a altas temperaturas.

Soldabilidad

Los aceros inoxidables Ferríticos no endurecibles tiene características de soldabilidad semejantes, pero ninguno se recomienda para aplicaciones soldadas donde se presenten cargas de impacto, choque o flexión, debido a que la zona de soldadura es muy frágil por el crecimiento excesivo del grano producido por la alta temperatura alcanzada al soldarlos. Si el contenido de cromo aumenta, el crecimiento del grano será mayor.

El tratamiento térmico tiene poco o ningún efecto en la tenacidad de la estructura, resultado del rápido alargamiento del grano por la alta temperatura.

El mayor crecimiento del grano se produce a 982°C (1800°F). Donde las condiciones de servicio lo requieran, se recomienda utilizar electrodos especiales con contenido de 28% de cromo para un depósito con la misma composición del metal base; por lo tanto la soldadura como la zona afectada por el calor serán extremadamente frágiles.

Algún incremento de tenacidad es obtenido (posiblemente por refinación del grano), aplicando un martilleo entre cordón y cordón de soldadura mientras se mantiene la soldadura a temperatura alta.

Donde se requiere unión mecánica eficiente, se pueden utilizar electrodos inoxidables Austeníticos del tipo **25Cr –20Ni**, especificación AWS-E310-15. El metal depositado con estos electrodos es relativamente blando y dúctil; pero la zona afectada por el calor será frágil.

ACEROS INOXIDABLES MARTENSITICOS

GENERALIDADES

Los Aceros Inoxidables Martensíticos, son también aleaciones base hierro de Cromo y carbono, con estructura cúbica centrada en el cuerpo en condición endurecido, que lo hace distinguir como MARTENSITICOS.

Ellos son ferro – magnéticos, endurecibles por tratamientos térmicos y resistentes a la erosión. El contenido de Cr esta generalmente contenido entre 11% y 18% y el contenido de carbono puede exceder del 1,2% el Cr y el Carbono son balanceados para asegurarse de obtener una estructura MARTENSITICA después de endurecerlos. Excesos de carburos se pueden hacer precipitar, para darles las características de corte y durabilidad como en el caso de las cuchillas de afeitar.

Elementos tales como el Nb, Si, Ta y V son agregados para modificar la respuesta al tempering después del endurecimiento. Pequeñas cantidades de Ni pueden ser agregados para proveer resistencia a la corrosión. El selenio se agrega para dar maquinabilidad.

Su principal característica esta asociada con la capacidad que tienen de templabilidad (quenched) y temperabilidad (tempered) lo cual les permite adquirir ciertos grados de dureza aun

cuando se enfrían con aire desde la temperatura de austenización. Existe un tipo Martensítico que posee tenores del orden de 16% en Cromo.

Las aleaciones MARTENSITICAS ofrecen buena combinación de propiedades mecánicas lo cual le permite ser utilizada en resistencia Short – time (Short time Strength) a 590°C (1100°F).

Estos niveles de resistencia pueden ser obtenidos a través de tratamiento térmico, siendo estas propiedades superiores a los aceros inoxidables Ferríticos, pero con menor resistencia a la corrosión. También los aceros inoxidables Martensíticos no son tenaces.

Estas aleaciones son normalmente vendidas en condición recocido o totalmente tratadas (endurecidas y temperadas).

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Conductividad térmica

La conductividad térmica de los aceros inoxidables Martensíticos es aproximadamente 40% menor que la de los aceros al Carbono.

Al ser soldados, se recomienda un precalentamiento para prevenir la fracturación y recocido total después de soldar. Pero cuando es práctica es imposible de efectuar en el campo, se recomienda efectuar un relevo de esfuerzos.

Resistencia eléctrica

La resistencia eléctrica es 5 a 10 veces mayor que la del acero al carbono; esto influye básicamente en el proceso de soldadura porque los electrodos de soldadura de acero inoxidable Martensíticos se calientan más. Para esto se recomienda utilizar electrodos mas cortos.

Expansión térmica

La expansión térmica de los aceros inoxidables Martensíticos es aproximadamente mayor un 50% que en el acero al carbono, pero no tiene una gran aplicabilidad para fabricación de juntas de expansión.

PROPIEDADES MECANICAS

De acuerdo con sus propiedades mecánicas, los aceros inoxidables Martensíticos templados y temperados, pueden estar comprendidos en los siguientes cuatro grupos, teniendo en cuenta el incremento a la resistencia mecánica y la resistencia al calor.

Grupo 1. Pertenecen los de baja resistencia mecánica y resistencia al calor: Tipos 403, 410, 414, y 406

Grupo 2. Superior resistencia mecánica: tipo 431, 440 A,B,C

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

Grupo 3. Alta resistencia mecánica por su contenido de molibdeno: Tipo M-152, 420

Grupo 4. Súper alta resistencia mecánica y alta resistencia al calor. Tipos 422 y H-46.

USOS Y APLICACIONES

Los aceros inoxidables MARTENSITICOS tiene una gran aplicación en la fabricación de alabes de rotores de turbina a vapor y gas, por su alta resistencia al colapso de gotas de vapor y resistencia a la erosión.

Los internos de las válvulas de retención son Martensiticos. Se fabrica tornillería tuercas, ejes de válvulas, engranajes, partes de bombas y partes de automóvil.

El acero 410 es muy utilizado por su resistencia a la erosión aunque es el mas débil al esfuerzo de ruptura y a la corrosión, requiere tratamiento térmico a 1100°F.

El tipo 422 es el de mayor ESTRÉS RUPTURE Lo sigue el H-46 y el M-152.

El tipo 403 es similar al 410 pero su composición se ajusta para prevenir la formación de ferrita delta en secciones gruesas.

Los tipos 431 y 422 son variaciones del 410, modificados por la adicción en pequeñas cantidades de elementos tales como Ni, W, Al, Mo y V.

Son utilizados para tubería de intercambiadores de calor, condensadores y líneas para conducir ácido nítrico.

Los tipos 440 presentan una altísima propiedad de resistencia al desgaste. Por ello se utilizan para fabricar cuchillas para corte de polietileno y maquinas herramientas. Un tratamiento térmico adecuado de temple y temperado les dan estas magnificas condiciones de durabilidad.

Actualmente son sometidos a tratamientos a temperaturas sub-cero antes del tratamiento térmico total, con el propósito de aumentar la precipitación de martensita retenida.

403: Similar al 410, se utiliza en aletas para turbinas y otras piezas.

410 : utilizado para piezas de maquinaria; tipo tratable térmicamente.

414 : El mayor contenido de níquel incrementa la templabilidad y la resistencia a la corrosión; utilizado para resortes.

416 : Modificación del maquinado libre del 410 Contiene (S); se emplea para cortes pesados.

420 : Modificación del alto carbono del 410; tiene mayor dureza y mas resistencia al desgaste.

440C: Máximo contenido de carbono 0.95 a 1.20%, de los aceros inoxidables, se utiliza para bolas, cojinetes y rodillos.

431 : El mayor contenido de cromo mejora la resistencia a la corrosión, se emplea para accesorios de aviones, barras calentadoras.

416E: Modificado del maquinado libre del 410 (contiene Se). Para cortes ligeros donde se incluye el trabajo en caliente.

440 A: Ligeramente menos contenido de carbono que el 440B para mayor tenacidad; se emplea para cuchillería y en piezas de válvulas.

440 B : Ligeramente menor contenido que el 440 C, mejorando la tenacidad, se utiliza para cuchillería fina y en piezas para válvulas.

Soldabilidad

El principal factor a tener en cuenta en la soldabilidad es su capacidad de endurecimiento. La zona afectada por el calor y su misma soldadura son propensos a endurecerse y formar grietas en caliente. Estas dificultades pueden evitarse o minimizarse, teniendo en cuenta las siguientes cuatro precauciones.

- a. Usando electrodos con recubrimiento de la serie austenita, los cuales reducen la ductilidad y permiten absorber los esfuerzos durante el procedimiento de soldadura, aunque hay que analizar mas la zona afectada por el calor.
- b. Precalentando para trabajar gradualmente con calor durante el proceso de soldadura poscalentamiento después de soldar para prevenir grietas. El precalentamiento puede efectuarse entre 205 a 315°C (400-600°F), y poscalentamiento entre 590 a 760°C (1100 a 1400°F).
Aunque la norma no lo contempla la experiencia nos indica que para una buena confiabilidad de la junta soldada cuando soldamos metales usados con nuevos o usados con usados el precalentamiento de la pieza a soldar a 350°F y 600°F.
- c. Mantener los electrodos en horno portátil.
- d. Evitar las corrientes de aire.

Electrodos para cladding de la serie 400

Cladding Type	Electrodo
405	E310 –E430
410	E310-E430
410S	E310-E430
429	E310-E430
430	E310-E430

ACEROS INOXIDABLE DUPLEX

Los aceros inoxidable DUPLEX tienen una mezcla en su estructura metalografica entre ferrita con cúbico centrado en el cuerpo y austenita con cúbico centrado en las caras.

La cantidad exacta de cada fase es función de la composición y del tratamiento térmico que se requiera. La mayoría de estas aleaciones son diseñadas para contener cantidades iguales en cada fase en condición de recocido. Los elementos principales de aleación son CROMO y el NIQUEL, pero pueden tener también Mo, Cu, Si y Tg, para obtener propiedades balanceadas e impartir ciertas características de resistencia a la corrosión.

Estas aleaciones fueron diseñadas conteniendo entre 22 y 28% Cr y entre 2 y 5% de Ni, porque se consiguen fortalezas de resistencia a la corrosión que no se obtienen con los Austeníticos solos o con los Ferríticos solos y su tenacidad se halla entre los dos grupos.

PROCESO DE SOLDADURA

QUE ES SOLDADURA

La soldadura es la coalescencia localizada de dos o más metales, producida por un calentamiento adecuado en dicha zona, con o sin aplicación de presión y con o sin el uso de metal de aporte. Existen numerosas formas de soldar, pero se describen las que poseen mayor importancia y que por razones de tecnología están a la vanguardia.

DEFINICIONES

Corte por Electrodo de Carbón (AAC) – Un proceso de corte en el cual los metales a ser cortados son derretidos por el calor producido por un arco de carbón, y el metal derretido es removido por aire comprimido.

Torchado Posterior – La remoción de la soldadura y del metal base en el otro lado de una soldadura parcialmente hecha, para asegurar penetración completa en las subsecuentes soldaduras por ese lado.

Banda de Respaldo – Un material (metal base, soldadura, carbón o material granular) colocado en la raíz de una soldadura, con el propósito de soportar el metal derretido de ella.

Anillo de Respaldo – Banda de respaldo en la forma de un anillo generalmente usado en la soldadura de tuberías.

Metal Base (material) – El metal (material) a ser soldado o cortado.

Fusión Completa – Fusión que ha ocurrido sobre toda la base del material que se pretende soldar, y entre todas las capas o pasadas de soldadura.

Penetración Completa de la Unión – Penetración de una unión, en la cual la soldadura llena completamente el bisel y se funde al metal base a través de todo su espesor.

Inserto Consumible – Metal de relleno que se coloca de antemano, se funde completamente en la raíz de la unión y pasa a ser parte de la soldadura.

Grieta – Una discontinuidad de tipo fractura, caracterizada por una punta aguda y una razón alta entre largo y ancho de la apertura y del desplazamiento.

Defecto – Una discontinuidad o discontinuidades que por naturaleza o por efecto acumulado (por ejemplo, largo total de una grieta), hacen que parte o el producto

no sean capaz de cumplir con los requisitos mínimos aceptables de las especificaciones. Este término designa rechazo.

Corriente Continua Electrodo Negativo (CCEN) – El arreglo de los terminales de una máquina de corriente continua, en los cuales la pieza es el polo positivo y el electrodo es el polo negativo del arco.

Corriente Continua Electrodo Positivo (CCEP) – El arreglo de los terminales de una máquina de corriente continua, en los cuales la pieza es el polo negativo y el electrodo es el polo positivo del arco.

Discontinuidad – Una interrupción de la estructura típica de la soldadura tal como falta de homogeneidad en las características mecánicas, metalúrgicas o físicas del material o de la soldadura. Una discontinuidad no es necesariamente un defecto.

Garganta Efectiva – La distancia mínima de la raíz de una soldadura a su cara, menos cualquier refuerzo.

Electrodo Revestido – Un metal de aporte compuesto de un electrodo cuyo centro es alambre desnudo al cual se le ha cubierto con suficiente recubrimiento para proveer con una capa de escoria en la soldadura cuando ésta se aplica. El revestimiento puede contener materiales que cumplan tales funciones como protección de la atmósfera, desoxidación y estabilización del arco, y puede servir además como una fuente de adiciones metálicas a la soldadura.

Portaelectrodos – Un aparato usado para sujetar mecánicamente el electrodo mientras conduce corriente a través de él.

Terminal del Electrodo – El conductor eléctrico entre la fuente de poder y el portaelectrodos.

Refuerzo de la Cara – Refuerzo de la soldadura a los lados de la unión, donde la soldadura se ha hecho.

Prensa – Un aparato diseñado para sujetar las partes a ser unidas en relación adecuada una a otra.

Fusión – El derretimiento conjunto del metal de aporte y del metal base (substrato), o del metal base solamente lo que resulta en coalescencia.

Relleno duro – Una especial forma de relleno en el cual una capa se aplica a la substrata con el específico propósito de reducir el uso o la pérdida de material por abrasión, impacto, erosión y cavitación.

Zona Afectada de la Soldadura – La porción del metal base que no ha sido derretida, pero cuyas propiedades mecánicas o microestructuras han sido alteradas por el calor de la soldadura o del corte.

Posición Horizontal Fija (Soldadura de Tuberías) – En soldadura de tuberías, la posición de una unión en la cual el eje de la tubería esta aproximadamente horizontal y la tubería no es rotada durante la soldadura.

Posición Horizontal Girada (Soldadura de Tuberías) – La posición de una unión de tuberías en la cual el eje está aproximadamente horizontal y la soldadura se ejecuta en la posición plana girando la tubería.

Temperatura entre Pasadas – En soldaduras de múltiples pasadas, la temperatura (mínima o máxima según se especifique) del metal depositado antes que la siguiente pasada se inicie.

Precalentamiento local – Precalentamiento de una porción específica de la estructura.

Alivio de Tensiones por Calor Local – Alivio de tensiones de una porción específica de la estructura.

Soldadura Manual – Una operación de soldadura ejecutada y controlada totalmente a mano.

Metal derretido – El estado líquido de la soldadura antes que se solidifique.

Voltaje de Circuito Abierto – El voltaje entre las salidas o terminales de la máquina soldadora cuando no está fluyendo corriente en el circuito de soldadura.

Traslapo – La protusión de metal de soldadura más allá del pie, cara o raíz de la soldadura; en soldadura de resistencia el área de la primera soldadura, derretida nuevamente por la soldadura subsiguiente.

Pasada – Una progresión simple de una soldadura o revestimiento a lo largo de una unión, metal depositado o substrato. El resultado de una pasada es un cordón, capa o relleno.

Alivio de Tensiones por Impacto – Alivio de tensiones hecho en metales a través de impactos.

Postcalentamiento – La aplicación de calor a un conjunto de uniones después de soldar o cortar.

Temperatura de Precalentamiento – Una temperatura especificada que el metal base debe adquirir al soldar o cortar inmediatamente antes que estas operaciones se ejecuten.

Procedimiento – Los elementos detallados (indicando valores o rangos) de un proceso o método para ser usado que produzca un resultado específico.

Calificación de Procedimiento – Es la demostración que la soldadura puede ser hecha por un procedimiento específico, y que cumple con los estándares prescritos en el mismo.

Tensiones residuales – Tensiones que quedan en la estructura o parte de ella como resultado del tratamiento mecánico, térmico o ambos. Las tensiones en soldadura por fusión surgen primariamente porque el material derretido se contrae al enfriarse al estado sólido cuando baja a temperatura ambiente.

Refuerzo de Raíz – Refuerzo de la soldadura en el otro lado por donde se está haciendo la soldadura.

Corte con Electrodo al Arco – Un proceso de corte en el cual los metales son cortados al derretirlos con el calor producido por un arco hecho con electrodos revestidos y el metal base.

Soldadura al Arco con Electrodo Revestidos – Un proceso de soldadura al arco que produce coalescencia de metales al calentarlos con un arco entre un electrodo revestido y la pieza. La protección se obtiene de la descomposición del revestimiento del electrodo. No se aplica presión y el metal de aporte es obtenido del electrodo.

Inclusión de Escoria – Material no metálico atrapado en la soldadura o entre soldadura y el metal base.

Salpicaduras – En soldadura al arco y a gas, las partículas de metal expelidas durante la soldadura que no forman parte de la soldadura.

Grietas de Alivio de Tensiones – Grietas intergranulares que ocurren en la zona afectada de la soldadura durante la exposición de soldaduras a temperaturas elevadas antes o después, a través del tratamiento térmico.

Alivio Térmico por Calentamiento – Calentamiento uniforme de una estructura o una porción de ella, a una temperatura suficiente para aliviar la mayor parte de las tensiones residuales, seguida por un enfriamiento uniforme.

Soldadura de Revestimiento – Un tipo de soldadura compuesto de uno o más cordones depositado en una superficie no quebradas, para obtener propiedades deseadas o dimensiones deseadas.

Grieta en el Pie – Grieta en el metal base que ocurre en el pie de una soldadura.

Grieta bajo el cordón – Una grieta en la zona afectada de la soldadura que generalmente no se extiende a la superficie del metal base.

Socavación – Una canal derretida en el metal base adyacente al pie o la raíz de una soldadura y que no fue llenada con el metal de aporte de la soldadura.

Posición Vertical (soldadura de tuberías) – La posición de una unión en la cual la soldadura se ejecuta en la posición horizontal y la tubería puede o no ser rotada.

Cordón Oscilado – Un tipo de cordón que se hace con oscilación transversal.

Certificación de un Soldador – Certificación por escrito que un soldador ha producido soldaduras que cumplen con los estándares prescritos.

Calificación de la Habilidad de un Soldador – La demostración de la habilidad de un soldador para producir soldaduras que cumplan con las especificaciones.

Terminal – El conductor eléctrico entre la fuente de poder y la pieza.

Agujero de Campana – En soldadura de tuberías, el término por el cual accesorios de tuberías son soldados a una línea, estando ésta en operación.

Pasada de Terminación – En soldadura de tuberías, se refiere al final o a la pasada de refuerzo de una soldadura.

Doble Término – En soldadura de tuberías, término generalmente relacionado a dos largos de tubería unidos, que normalmente son rotados y soldados en posición plana.

Soldadura Descendente – En soldadura de tuberías, término que indica que la

soldadura progresa de arriba hacia abajo de la tubería y la tubería no es rotada.

Cordón de relleno – En soldadura de tuberías, se refiere a las pasadas sobre la pasada caliente, pero antes de la última o pasada de terminación.

Soldador de Cordón Caliente – En soldadura de tuberías, el soldador que hace la pasada caliente.

Inclusión de Gas – En soldadura de tuberías, término para porosidad.

Cordón con Agujeros – En soldadura de tuberías, término para porosidad en el refuerzo de la raíz.

Pasada Caliente – En soldadura de tuberías, término que se refiere a la segunda pasada hecha sobre el cordón de raíz. La pasada caliente es normalmente hecha a amperajes más altos para que prácticamente vuelva a derretir totalmente el cordón de raíz.

Soldadura Consecutiva – En soldadura de tuberías, término por el cual cada largo de tuberías es unido a la tubería principal en forma progresiva con cada unión hecha en posición.

Penúltima Pasada – En soldadura de tuberías, el término que se refiere a la pasada que deja la soldadura y el bisel parejo con la superficie de la tubería.

Prensa exterior – Prensa que se usa para alinear tuberías de pequeño diámetro. Algunas de estas prensas pueden aplicar suficiente fuerza como para hacer que una tubería deformada forme nuevamente un círculo perfecto para facilitar su alineamiento.

Prensa Interna – Una prensa utilizada para alinear tuberías de gran diámetro, normalmente activada en forma neumática.

Rieles – Líneas de escoria entre pasadas de soldadura.

Ventanas – Raíces abiertas en forma excesiva o amperajes muy altos, que causan que se atraviese con el arco.

Cuadrilla de Soldadura – Cuadrilla que alinea la tubería y ejecuta el primer y el segundo cordón.

C.A. o Corriente Alterna – Es la clase de electricidad que invierte su dirección periódicamente. Para una corriente de 60 ciclos, la corriente fluye en una dirección y luego en la otra, 60 veces por segundo, de esta manera la corriente cambia de dirección 120 veces en un segundo.

Sopladura del Arco – Interferencia magnética del arco, que hace que cambie la dirección que se pretende llevar.

Largo del Arco – Distancia entre el extremo del electrodo y el punto donde el arco hace contacto con la superficie de trabajo.

Voltaje del Arco – El voltaje a través del arco.

Como Soldado – La condición de metales soldados, uniones y soldaduras después de soldados y antes de cualquier tratamiento térmico o mecánico posterior.

Respaldo – El material (metal, asbesto, carbón, fundente granulado, etc.) que respalda la unión durante la soldadura, para facilitar la obtención de soldaduras correctas en la raíz. Puede ser pedazos de acero plano, anillos, soldaduras, etc.

Cordón Opuesto – Técnica de soldadura en la cual, los nuevos depósitos de soldadura son hechos en la dirección opuesta al avance.

Electrodo Desnudo – Electrodo usado en soldadura al arco, consistente en un alambre de metal sin otro revestimiento que el que resulta de trefilar el alambre.

Metal Base – El metal a ser cortado o soldado.

Soldadura de Tope – Soldadura hecha en la unión de dos piezas de metal aproximadamente en el mismo plano.

Electrodo Revestido – Electrodo usado en soldadura al arco, consistente en un alambre con un revestimiento relativamente grueso que provee protección de la atmósfera para el metal derretido, mejora las propiedades del metal soldado y estabiliza el arco.

Cráter – Depresión al final de la soldadura.

Profundidad de la Fusión – Es la distancia desde la superficie del metal base hasta el punto en el cual la fusión no existe entre las uniones.

C.C. o Corriente Continua – Corriente eléctrica que fluye en una sola dirección. En soldadura o en procesos de soldadura donde la fuente de poder es corriente continua.

Cara de la Soldadura – La superficie de la soldadura hecha por un proceso al arco o a gas, desde el lado donde se hizo la soldadura.

Soldadura de Filete – Soldadura de una sección aproximadamente triangular uniendo dos superficies que están aproximadamente en ángulo recto una de otra, en uniones sobrepuestas, en T o esquinas.

Posición Plana – Posición para soldar donde la soldadura es ejecutada desde la parte superior de la unión y la cara de la soldadura esta aproximadamente horizontal.

Fundente – Material fusible o gas, usado para disolver y/o prevenir la formación de óxidos, nitritos u otras inclusiones indeseables que se producen al soldar.

Inclusión de Gas – Cavidad formada en la soldadura, causada por gas atrapado en la soldadura.

Soldadura al Arco Protegida por Gas – Ver MIG y TIG.

Zona Afectada por el Calor de la Soldadura – Porción del metal base que no ha sido derretida, pero cuyas propiedades han sido alteradas por el calor al cortar o soldar.

Acero de Alto Contenido de Carbono – Acero que contiene más de 0,45% de carbono.

Posición Horizontal – Filete – Posición para soldar en la cual la soldadura es ejecutada en la parte superior de una superficie aproximadamente horizontal y contra una superficie aproximadamente vertical.

Posición Horizontal – Soldadura de Tope – Posición para soldar donde el eje de la soldadura está en un plano aproximadamente horizontal y la cara de la soldadura en una posición aproximadamente vertical.

Solapa – Unión entre dos piezas que se solapan.

Tamaño de un Filete – Distancia desde la raíz de la unión hasta el borde donde termina la soldadura.

Acero de Bajo Contenido de Carbono – Acero que contiene un 0,20% o menos, de carbono. También acero dulce.

Velocidad de Consumo – El peso de electrodo consumido en una unidad de tiempo.

Soldadura Mig – (Soldadura al arco protegida con gas) – Proceso de soldadura donde la coalescencia es producida por el calor de un arco eléctrico entre un electrodo consumible y la pieza. La protección se obtiene por un gas, una mezcla de gases (que puede contener un gas inerte) o una mezcla de gas y fundente.

Voltaje Abierto – El voltaje entre los terminales de una fuente de poder, cuando no esta fluyendo corriente en el circuito.

Posición Sobrecabeza – Posición para soldar en la cual la soldadura es ejecutada por la parte de abajo de la unión.

Solapa – Protuberancia de metal que va más allá de la unión en la base exterior de la soldadura.

Pasada – Una progresión longitudinal a lo largo de una unión o soldadura. El resultado de una pasada es un cordón.

Penetración – Distancia de la fusión que se extiende debajo de la superficie de la parte o partes que se sueldan.

Porosidad – Inclusiones de gas o vacíos en el metal.

Posiciones de Soldadura – Ver posición plana, horizontal, vertical y sobrecabeza.

Post–Calentamiento – Calor aplicado a la pieza después de soldar o cortar.

Precalentamiento – Calor aplicado a la pieza antes de soldar o cortar.

Poza – Es aquella parte de la soldadura que está derretida, en el lugar donde se aplica el calor de la soldadura.

Radiografía – Uso de energía, en la forma de rayos X o rayos Gamma para la inspección no destructiva de metales.

Polaridad Invertida – Posición de los cables porta electrodos donde la pieza se conecta al terminal negativo y el electrodo al terminal positivo del circuito.

Raíz de la Soldadura – Los puntos, como se ve en una sección, donde el fondo de la soldadura intersecta el metal base.

Abertura de la Raíz – Separación de las partes a ser soldadas en la raíz de la unión.

Soldadura al Arco con Electrodo Revestidos – Proceso de soldadura al arco donde la coalescencia se produce por el calor generado por un arco eléctrico entre el electrodo de metal revestido y el metal a ser soldado. La protección se obtiene por la descomposición del revestimiento del electrodo. No se usa presión y el metal de aporte es obtenido del electrodo.

Tamaño de la Soldadura – Soldadura de Tope – La penetración (profundidad del bisel más la penetración en la raíz cuando se especifica).

Tamaño de la Soldadura – Filete – Para filete de lados iguales – El cateto del triángulo isósceles más grande, que puede ser inscrito en la sección del filete. Para filete de lados desiguales – El lado más largo de un triángulo rectángulo que puede ser inscrito en la sección del filete.

Inclusión de Escoria – Material no metálico atrapado entre la soldadura, o entre la soldadura y el metal base.

Salpicaduras – En soldaduras al arco o gas, partículas de metal expelidas durante la soldadura y que no forman parte de ella.

Polaridad Directa – Posición de los cables portaelectrodos donde la pieza se conecta al terminal positivo y el electrodo al terminal negativo.

Alivio de Tensiones por Calentamiento – El calentamiento uniforme a temperaturas suficientes bajo el rango crítico, para aliviar la mayor parte de las tensiones residuales, seguida por un enfriamiento uniforme.

Cordón Recto – Tipo de soldadura ejecutada su apreciable oscilación transversal.

Cordón de Penetración – Lo mismo que el cordón de raíz, esto es el primer cordón.

Soldadura Provisional – Soldadura (generalmente pequeña) hecha para sujetar las partes a soldar, en una alineación correcta hasta que las soldaduras definitivas se ejecutan. Se usa solamente para preparación.

Tungsteno Toriado – Tungsteno que contiene un pequeño porcentaje de torio. La emisión electrónica del electrodo se mejora.

Garganta de un Filete – Garganta Teórica – La distancia entre el principio de la raíz y la unión, perpendicular a la hipotenusa del triángulo recto más grande que se puede inscribir en el área del filete. Esta dimensión está basada en la suposición que la apertura de la raíz es cero.

Garganta Actual – La distancia más corta entre la raíz y la cara de un filete.

Garganta Efectiva – La distancia mínima, descontado el refuerzo de la soldadura entre la raíz y la cara de un filete.

Soldadura Tig – (Soldadura al arco producida por un electrodo de tungsteno y protegida por un gas) – Soldadura al arco donde la coalescencia se produce por el calor producido por un arco entre un electrodo de tungsteno (no consumible) y la pieza. La protección se obtiene por el gas, o una mezcla de gases (que puede contener un gas inerte). Se puede o no usar presión y se puede o no usar metal de aporte.

Ancho de la Soldadura – La unión entre la cara de la soldadura y el metal base.

Electrodo de Tungsteno – Electrodo no consumible, usado en soldadura al arco que consiste en un alambre de tungsteno.

Carga Máxima – La carga máxima que causa el corte del metal (normalmente indicada en Kg/cm² o lbs/pulg²).

Grietas bajo el Cordón – Grieta en la zona afectada por la soldadura que no se extiende a la superficie del metal base.

Socavación – Canal derretido en el metal base, adyacente a los lados de la soldadura y no rellenada por el metal de aporte.

Soldadura Vertical Ascendente – Término usado en la soldadura de tuberías que indica que la soldadura es ejecutada desde la parte de abajo de la tubería hacia arriba. La tubería no es rotada.

Posición Vertical – Posición de la soldadura donde el eje de ella está aproximadamente vertical.

Oscilación – Técnica para depositar metal en una soldadura donde se oscila el electrodo.

Procedimiento de Soldadura – El detalle de los métodos y modos, incluso las uniones, envueltos en el desarrollo de una soldadura.

Electrodo – Metal de aporte, en forma de rollo o varillas usado en soldadura al oxígeno y en aquellos procesos de soldadura al arco donde el electrodo no proporciona el metal de aporte.

Pasada – Una progresión simple de soldadura o recubrimiento a lo largo de una unión, soldadura o sustrato. El resultado de una pasada es un cordón, capa o revestimiento.

Oscilación Vertical – Término aplicado al movimiento hacia arriba y abajo del electrodo, que se usa en soldaduras verticales para evitar la socavación.

SMAW (Shielded Metal Arc welding)**SOLDADURA DE ARCO METALICO PROTEGIDO**

Es llamado también proceso de soldadura METALICO MANUAL. Es un proceso de soldadura eléctrica por arco, que produce coalescencia de metales por calentamiento entre ellos mismos debido a un arco que se produce entre el electrodo metálico consumible recubierto y la pieza de trabajo.

La protección (Shielded) es obtenida por la descomposición de la cubierta del electrodo, es un proceso manual, permite soldaduras de platinas delgadas o gruesas.

GMAW (Gas Metal ARC Welding)**SOLDADURA METALICA POR ARCO CON GAS DE PROTECCION (MIG)**

Es conocido como proceso de soldadura MIG protegido con CO^2 o gas. Tiene otros nombres como soldadura de micro alambre (micro Wire Welding), Soldadura de arco corto (short Arc Welding), soldadura de alambre (Wire Welding) etc.

Es un proceso de soldadura por arco eléctrico, que produce coalescencia de metales por calentamiento entre ellos, por la acción de un arco creado entre una varilla sólida continua, llamada electrodo consumible y la pieza de trabajo

FACAW (FLUX (Cored ARC Welding) Soldadura de arco por electrodo de flujo centro.

Es también conocida como Doble Protección (Dual Shield). Protección interna (Inner Shield), Autoprotección (Self Shield). Es un proceso de soldadura por arco, que produce coalescencia de metales por calentamiento entre ellos por un arco producido entre un electrodo tubular relleno, de flujo continuo, y la pieza de trabajo.

La protección es obtenida a través de la descomposición del flujo junto con la fusión del electrodo tubular. Una protección adicional puede ser o no, suministrada a través de un gas o mezcla de gases desde el exterior.

El proceso es aplicado normalmente de forma semi automática. Pero puede ser aplicado de forma automática.

El proceso es aplicado para soldar aceros de medio a grandes espesores, con electrodos de grandes diámetros en todas las posiciones.

SAW (Sumerged ARC Welding). Soldadura por arco sumergido.

Es también conocida como unión fundida (Unión Melt), arco Escondido (Hidden Arc), Soldadura bajo fuerza (Welding Under powder).

Es un proceso de soldadura por arco que produce coalescencia de metales por calentamiento entre ellos, con arco o arcos que son producidos entre uno o dos electrodos de barra y la pieza de trabajo.

El arco esta protegido por un polvo que se agrega llamado FLIX en forma granular que se esparce sobre la pieza antes de soldar. El proceso es normalmente aplicado por maquina o es automático. Es usado para soldar aceros de mediano espesor en posiciones plana u horizontal únicamente.

GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) Soldadura por arco con electrodo de tungsteno y protección de gas.

También conocida como soldadura TIG, soldadura por arco y helio (Heli Welding) y soldadura Tungsteno arco (Tungsten Arc Welding). Es un proceso de soldadura por arco eléctrico que produce coalescencia de metales por calentamiento entre ellos por arco producido entre un electrodo no consumible de Tungsteno y la pieza de trabajo.

Un alambre de electrodo como aporte puede o no ser usado. La protección es obtenida por un gas inerte o por mezcla de gases. El proceso es usado normalmente en forma manual y sirve para soldar aceros y metales no ferrosos en todas las posiciones, este proceso es normalmente usado sobre piezas delgadas y para pass de raíz y pases calientes.

PAW (Plasma Arc welding) Soldadura por arco con plasma

Algunas veces llamado arco de aguja o microplasma. Es un proceso de soldadura por arco eléctrico, que produce coalescencia de metales por calentamiento entre ellos, con un arco restringido entre electrodo de tungsteno y la pieza de trabajo. Se dice restringido porque el arco es transferido o no puede ser transferido debido a la restricción de la boquilla.

La protección es obtenida a través del paso de un gas caliente ionizado que sale por un orificio central. Un gas inerte auxiliar o mezcla de gases puede ser inyectado por la carcasa exterior de la boquilla. El proceso es aplicado manualmente pero puede ser automático, usado para unir piezas delgadas.

CAW (Carbon arc Welding) Soldadura por arco con carbono

Es un proceso de soldadura eléctrico, que produce una coalescencia de metales por calentamiento al producir un arco entre un electrodo de carbono y la pieza de trabajo.

Ninguna protección es usada. Este proceso se puede variar al utilizar dos electrodos de carbono y efectuar el arco entre ellos. Proceso manual sirve para unir piezas delgadas.

ESW (Electroslag Welding) Soldadura por electro escoria

Soldadura de escoria (Slag Welding). Es un proceso de soldadura que produce una coalescencia de metales por la escoria fundida, fusión de electrodo desnudo y fusión de la superficie de la pieza a ser soldada. El baño fundido es protegido por una escoria que va cubriendo con su

movimiento toda la soldadura, este no es un proceso de soldadura por arco, pero a veces se usa un arco para iniciar el proceso.

EGW (Electro gas welding) Soldadura por electro gas

Es un proceso de soldadura por arco, este se produce entre un electrodo recubierto continuo (consumible) y la pieza de trabajo, una pieza moldeada es usada para confinar el baño fundido metálico para producir soldadura en posición vertical. El electrodo debe ser recubierto con FLUX o sólido para obtener protección por fusión del recubrimiento, puede usarse gas exterior de protección, es un proceso automático. Esta limitado a espesores medios o gruesos de acero al carbono en posición vertical.

OAW (Oxyacetylene Welding) Soldadura oxiacetilénica

TB (Torch brazing) Brazing de antorcha

OC (Oxygen Cutting) Corte por oxígeno

PAC (Plasma arc Cutting) Corte por arco con plasma

AAC (Air carbon arc Cutting) Corte por arco con electrodo de carbono y aire.

NOMENCLATURA DE ELECTRODOS Y METALES DE APORTE SEGÚN LOS PROCESOS DE SOLDADURA

Descripción General

Aunque un mismo tipo de acero puede ser soldado utilizando varios de los procesos de soldadura enumerados, al variar este, cambia a su vez la forma como debe ser especificado el electrodo a material del aporte a utilizar.

Este cambio de nomenclatura refleja los parámetros que se tornan más importantes según el proceso seleccionado e ignorarlos causa costosos retrasos.

Glosario de términos

- Electrodo: Un componente del circuito de soldadura, a través del cual la corriente es conducida al arco, escoria fundida o metal base.
- Metal de aporte: El metal a ser adicionado a la junta a soldar.

- Polaridad directa o DCEN: la pieza de trabajo es el polo positivo y el electrodo es el negativo.
- Polaridad invertida o DCEP: La pieza de trabajo es el polo negativo y el electrodo es el polo positivo

Nomenclatura de electrodos revestidos para soldadura de aceros al carbono

Son clasificados de acuerdo a cuatro factores.

1. Tipo de corriente
2. Tipo de recubrimiento
3. Posición de soldadura
4. Propiedades mecánicas del metal nuevo o envejecido (según diseño).

Es el sistema usado por la Sociedad Americana de Soldadura (AWS).

Las designaciones consisten en letra E (para electrodos) y cuatro dígitos (cinco para el caso de metales soldados con resistencia de 100 Ksi o mas).

Para los electrodos que producen menos de 100 Ksi de resistencia a la tensión, los dos primeros dígitos indican la mínima resistencia a la tensión, en Ksi, del metal de soldadura depositado en la condición as Weld (recién soldado).

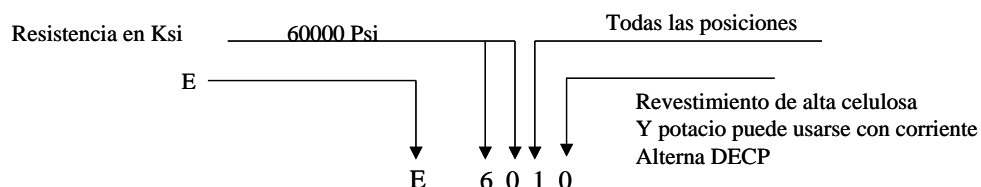
El tercer digito indica las posiciones de soldadura, en las cuales el electrodo puede ser usado exitosamente.

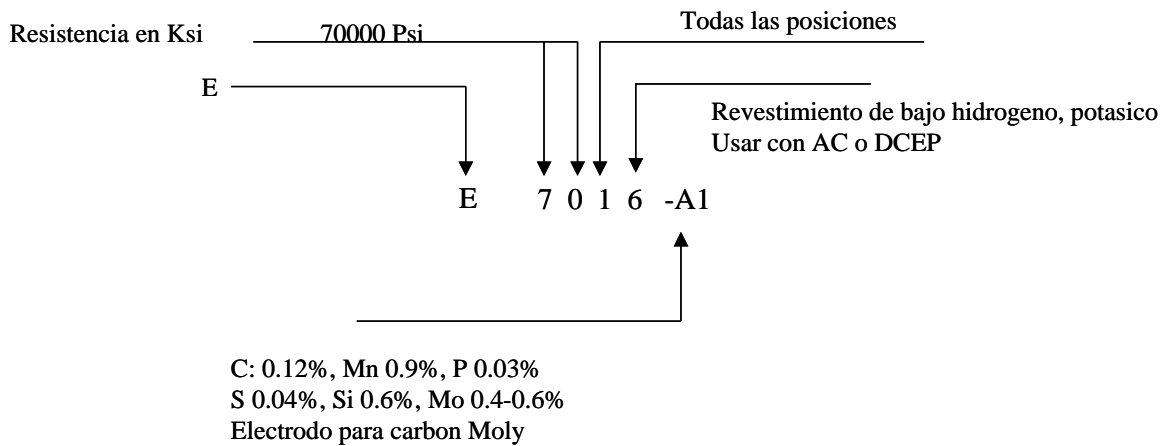
- | | |
|----------|--|
| • E-xx1x | Todas las posiciones |
| • E-xx2x | Soldaduras planas y filetes horizontales. |
| • E-xx4x | Diseño específico para soldaduras vertical bajando |

El cuarto digito indica el tipo de recubrimiento, y las características de corriente convenientes (en ocasiones debe interpretarse conjuntamente con el tercer digito)

La anterior información puede resumirse en el siguiente esquema:

SMAW PARA ACEROS AL CARBONO

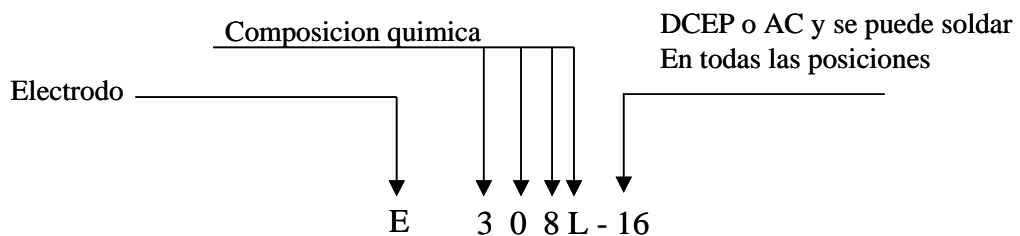


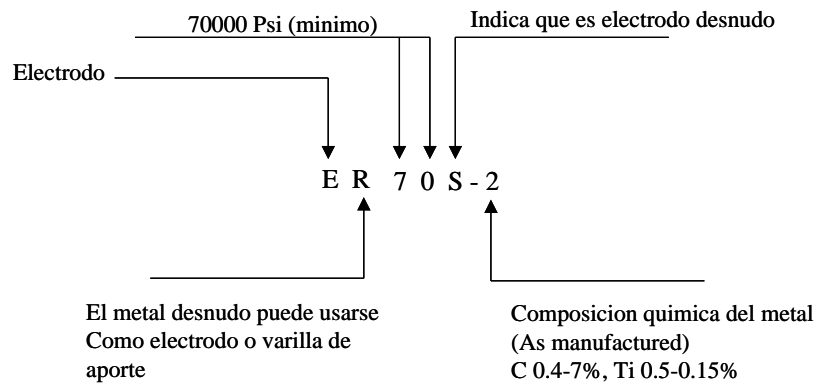


Significado global de las letras:

- A1 $\frac{1}{2}\%$ – Mo
- B1 $\frac{1}{2}\%$ Cr –Mo
- B2 $1\frac{1}{4}\%$ Cr- $1\frac{1}{2}\%$ Mo
- B3 $2\frac{1}{4}\%$ Cr-1% Mo
- C1 $2\frac{1}{2}\%$ Ni
- C2 $3\frac{1}{2}\%$ Ni
- C3 1% Ni, .35 Mo, 15% Cr.
- NM Ni – Mo
- D1 & D2 . 25-. 45% Mo
- G Todas las demás aleaciones

SMAW PARA ACEROS INOXIDABLES



PROCESO GMAW GTAW

ALUMINIO

Usado en algunos procesos de la refinería

Guía para la selección de metal de aporte en juntas disímiles base aluminio

Metal base	319.0,33.0,354.0 355.0,C355.0,380.0	413.0443.0 A444.0,356.0 A356.0,A357.0 359.0	514.0,A514.0 B514.0,F514.0 D712.0	7005K,7039 A712.0,C712.0 D712.0	6070 6061,6063 6101,6151 6201,6951	5456 5454
1060, EC	ER4145c.i	ER4043f	ER4043e.i	ER4043i	ER4043i	ER4043e
1100, 3003	ER4145c.i	ER4043f	ER4043e.i	ER4043i	ER4043i	ER4043e
2014, 2024	ER4145g	ER4145	ER4043i	ER4043i	ER4145	ER4043i
3004	ER4043i	ER4145g	ER4043i	ER4043i	ER4043f	ER4043i
5005, 5050	ER4043i	ER4043i	ER4043i	ER4043i	ER4043e	ER4043i
5052, 5052i	ER4043i	ER4043i	ER4043i	ER4043i	ER4043e	ER4043i
5083	ER4043i	ER4043i	ER4043i	ER4043i	ER4043e	ER4043i
5086	ER4043i	ER4043i	ER4043i	ER4043i	ER4043e	ER4043i
5154, 5254a	ER4043i	ER4043i	ER4043i	ER4043i	ER4043e	ER4043i
5454	ER4043i	ER4043i	ER4043i	ER4043i	ER4043e	ER4043i
5456	ER4043i	ER4043i	ER4043i	ER4043i	ER4043e	ER4043i
6061, 6063, 6101, 6201, 6151, 6951	ER4145c.i	ER4043f	ER4043e.i	ER4043i	ER4043i	ER4043e
6070	ER4145c.i	ER4043f	ER4043e.i	ER4043i	ER4043i	ER4043e
7005K, 7039, A712, C712, D712.0	ER4043i	ER4043i	ER4043i	ER4043i	ER4043e	ER4043i
514.0, A514.0, B514.0, F514.0	ER4145c.i	ER4043f	ER4043e.i	ER4043i	ER4043i	ER4043e
413.0, 443.0, A444.0, 356.0	ER4145c.i	ER4043f	ER4043e.i	ER4043i	ER4043i	ER4043e
A356.0, A357.0, 359.0	ER4145c.i	ER4043f	ER4043e.i	ER4043i	ER4043i	ER4043e

CONTINUACION

Base metal	5154 5254a	5086	5083	5052 5652a	5005 5050	3004 Alc. 3004	2219	2014	1100 Alc. 3003	1060 EC
1060, EC	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i
1100, 3003	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i
2014, 2024	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i
3004	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i
5005, 5050	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i
5052, 5052i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i
5086	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i
5154, 5254a	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i	ER4043e.i

Continuación

- Aleación 5652 y 5254 se puede usar para servicio de peróxido de hidrógeno. ER5654 se puede usar para rellenos metálicos en aleaciones para baja temperatura de servicio (por debajo de 150°F).
- ER5183, ER5356, ER5554, ER5556 y ER5654 son los mas usados. En algunos casos ellos aceptan severas condiciones de servicio como inmersión en agua salada y químicos específicos o con sustancias a alta temperatura por encima de 150°F.
- ER4043 puede ser usado para algunas aplicaciones.
- Rellenos de metal con algunos análisis de metal base usados en algún tiempo.
- ER5183, ER5356 o ER5556, puede ser usado.
- ER4145 puede ser usado para algunas aplicaciones
- ER2319 Usado en muchas aplicaciones
- ER5039 Usado en muchas aplicaciones
- ER4047 Usado en muchas aplicaciones

- j. ER1100 Usado en muchas aplicaciones
- k. ER7005 aplicado a hojas y platinas.
- l. ERTi-1 para soldar Tipo de material P51 = Titanio

Lo recomendado en esta tabla aplica para procesos de soldado con gas y proceso de arco. Para gas soldar solo con R1100, R1260 y R4043, rellenos de metal serán ordinariamente usados.

Los rellenos de metal con el prefijo ER, están listado en la especificación AWS A5.10

Cuando el relleno de metal no figura en esta lista, no se recomienda soldar.

En el soldado del aluminio, requiere alto amperaje para poder romper la capa de alumina.

CRITERIOS PARA SELECCIONAR METALES DE APORTE

Los factores a tener en cuenta son:

- Tipo de material base a soldar
- Tipo de proceso disponible
- Tipo de junta o criterio de diseño
- Condiciones de servicio
- Calidad solicitada
- Eficiencia y rapidez requerida
- El electrodo seleccionado debe tener las mismas propiedades mecánicas del metal a soldar.
- Es requisito realizar procedimiento de soldadura calificado.

Metal base :

Debe seleccionarse un electrodo cuyo deposito de soldadura tenga la composición química lo mas aproximado posible a la del metal base. Si se trata de una junta bimetálica, la composición química seleccionada será aquella que produzca menos riesgo para la integridad de la soldadura. A continuación se indican soldaduras para juntas bimetálicas.

LAS TABLAS DE LA PAGINA SIGUIENTE INDICA ELECTRODOS A UTILIZAR EN JUNTAS BIMETALICAS Y PRECALENTAMIENTO A REALIZAR (TOMADA DEL TIRY)

FILLER METALS FOR VARIOUS BASE-METAL COMBINATIONS

C - Steel C - Mo 1/2 Cr - 1/2 Mo 1/4 Cr - 1/2 Mo 1/2 Cr - 1/2 Mo 2 Cr - 1/2 Mo 2 1/4 Cr - 1/2 Mo 5 Cr - 1/2 Mo 7 Cr - 1/2 Mo 9 Cr - 1/2 Mo 18 - 8 Stainless

C-Steel	C-Mo	1/2 Cr - 1/2 Mo	1/4 Cr - 1/2 Mo	1/2 Cr - 1/2 Mo	2 Cr - 1/2 Mo	2 1/4 Cr - 1/2 Mo	5 Cr - 1/2 Mo	7 Cr - 1/2 Mo	9 Cr - 1/2 Mo	18 - 8 Stainless
-	A	A	A	A	A, B	B, C	C, D	C, D	C, D	G
C-Mo	A	B	B	B	B	B, C	C, D	C, D	C, D	G
1/2 Cr - 1/2 Mo	A	B	C	C	C	C	C, D	C, D	C, D	G
1 Cr - 1/2 Mo	A	B	C	C	C	C	C, D	C, D	C, D	G
1 1/4 Cr - 1/2 Mo	A, B	B	C	C	C	C	C, D	C, D	C, D	G
2 Cr - 1/2 Mo	B, C	B, C	C	C	C	C	C, D	C, D	C, D	G
2 1/4 Cr - 1 Mo	B, C	B, C	C	C	C	C	C, D	C, D	C, D	G
5 Cr - 1/2 Mo	C, D	C, D	C, D	C, D	C, D	C, D	E	E	E	G
7 Cr - 1/2 Mo	C, D	C, D	C, D	C, D	C, D	C, D	E	E	E	G
9 Cr - 1 Mo	C, D	C, D	C, D	C, D	C, D	C, D	E	E	E	G
18 - 8 Stainless	G	G	G	G	G	G	G	G	G	-

Filler Metals

- A. Carbon steel (such as E7018 or E7019)
 B. Carbon steel (such as E7018-A1 or E7019-A1)
 C. 1-1/4 Cr - 1/2 Mo (such as E8018-B2 or E8018-B3)
 D. 2-1/4 Cr - 1 Mo (such as E9018-B3 or E9018-B3)
 E. 5 Cr - 1/2 Mo (such as E502-15)
 F. 9 Cr - 1 Mo
 G. For cyclic service and wherever postheating is to be used:
 75 Nickel - 16 Chromium - 7
- G. (continued)
 For noncyclic service above 800°F (427°C):
 75 Nickel - 16 Chromium - 7 Iron (preferred)
 25 Chromium - 12 Nickel (Type 310) (alternate)
 25 Chromium - 12 Nickel (Type 309) (alternate)
 For noncyclic service below 800°F (427°C):
 25 Chromium - 12 Nickel (Type 309)
 25 Chromium - 20 Nickel (Type 310)
 29 Chromium - 9 Nickel (Type 312) or
 75 Nickel - 16 Chromium - 7 Iron

PRECALENTAMIENTO

PREHEAT AND INTERPASS TEMPERATURE FOR VARIOUS BASE-METAL COMBINATIONS

C - Steel C - Mo 1/2 Cr - 1/2 Mo 1/4 Cr - 1/2 Mo 1/2 Cr - 1/2 Mo 2 Cr - 1/2 Mo 2 1/4 Cr - 1/2 Mo 5 Cr - 1/2 Mo 7 Cr - 1/2 Mo 9 Cr - 1/2 Mo 18 - 8 Stainless

C-Steel	C-Mo	1/2 Cr - 1/2 Mo	1/4 Cr - 1/2 Mo	1/2 Cr - 1/2 Mo	2 Cr - 1/2 Mo	2 1/4 Cr - 1/2 Mo	5 Cr - 1/2 Mo	7 Cr - 1/2 Mo	9 Cr - 1/2 Mo	18 - 8 Stainless
-	B	C	C	C	C	C	C	C	C	A
C-Mo	B	C	C	C	C	C	C	C	C	A
1/2 Cr - 1/2 Mo	C	C	C	C	C	C	C	C	C	E
1 Cr - 1/2 Mo	C	C	C	C	C	C	C	C	C	E
1 1/4 Cr - 1/2 Mo	C	C	C	C	C	C	C	C	C	E
2 Cr - 1/2 Mo	C	C	C	C	C	C	C	C	C	E
2 1/4 Cr - 1 Mo	C	C	C	C	C	C	C	C	C	E
5 Cr - 1/2 Mo	D	D	D	D	D	D	D	D	D	E
7 Cr - 1/2 Mo	D	D	D	D	D	D	D	D	D	E
9 Cr - 1 Mo	D	D	D	D	D	D	D	D	D	E
18 - 8 Stainless	A	A	A	A	A	A	A	A	A	-

- A. No preheating except that, when atmospheric temperatures are below 70°F (21°C), the weld joint should be preheated to 100°F (38°C).
 B. For butt welds, 200-400°F (93-205°C) minimum. May be lowered to 100°F (38°C) minimum if the wall thickness is under 3/4" and the atmospheric temperatures are below 70°F (21°C).
 C. 300-500°F (149-260°C) minimum. May be lowered to 200°F (93°C) minimum if the wall thickness is under 3/4".
 D. 400-700°F (205-260°C) minimum. May be lowered to 300°F minimum if the wall thickness is under 3/4".
 E. 200-500°F (93-260°C) minimum. For chromium-molybdenum material only.

LA SIGUIENTE TABLA INDICA POSCALENTAMIENTO O ALIVIO A REALIZAR

POSCALENTAMIENTO

POSTHEAT TEMPERATURES FOR VARIOUS BASE-METAL COMBINATIONS

	C-Steel	C-Mo	1/2 Cr - 1/2 Mo	1 Cr - 1/2 Mo	1-1/4 Cr - 1/2 Mo	2 Cr - 1/2 Mo	2-1/4 Cr - 1 Mo	5 Cr - 1/2 Mo	7 Cr - 1/2 Mo	9 Cr - 1 Mo	18-8 Stainless
C-Steel	-	B	C	C	D	D	D	E	E	E	A
C-Mo	B	B	C	C	D	D	D	E	E	E	A
1/2 Cr - 1/2 Mo	C	C	C	C	D	D	D	E	E	E	A
1 Cr - 1/2 Mo	C	C	C	C	D	D	D	E	E	E	A
1-1/4 Cr - 1/2 Mo	D	D	D	D	D	D	D	E	E	E	A
2 Cr - 1/2 Mo	D	D	D	D	D	D	D	E	E	E	A
2-1/4 Cr - 1 Mo	D	D	D	D	D	D	D	E	E	E	A
5 Cr - 1/2 Mo	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	F
7 Cr - 1/2 Mo	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	F
9 Cr - 1 Mo	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	F
18-8 Stainless	A	A	A	A	A	A	A	F	F	F	-

A. Postheating not usually required.

B. Postheating required where carbon content exceeds 0.20% or with sections over 1/2" wall thickness. Heat to 1150-1250°F (621-677°C) for one hour per inch of wall thickness. No postheating required for socket-type joints.

C. 1200-1300°F (649-705°C) for one hour per inch of thickness.

D. 1275-1350°F (691-732°C) for one hour per inch of thickness

E. 1300-1375°F (703-746°C) for one hour per inch of thickness. Cool to preheat temperature or below before applying postheating.

F. Not required for sections up to 1/2" wall thickness. Sections over 1/2" wall thickness heated to 1300-1375°F (705-746°C) for one hour per inch of thickness.

LAS SIGUIENTES TABLAS TAMBIEN SON TOMADAS DEL TYRY

TABLA 1

Tabla 1 Materiales ferrosos														
Tipo	P No (2)	310	316 316L	347 321	304 304L	3½ Ni	12Cr 405	12Cr 410	9 Cr (3)	5 Cr (3)	2¼ Cr (3-4)	1¼ Cr (3-4)	C. Mo	C.S.
Carbon Steel	P-1	12 A	12 A	12 A	12 A	1 C	1 B	1 F	1 G	1 E	1 E	1 D	1 B	1 A
Carbon Moly	P-3	12 B	12 B	12 B	12 B	2 C	2 B	2 F	2 G	2 E	2 E	2 D	2 B (5)	
1¼ Cr-1Mo	P-4	12 D	12 D	12 D	12 D	3 D	3 D	3 F	3 G	3 E	3 E	3 D (5)		
2¼ Cr-1Mo	P-5	12 E	12 E	12 E	12 E	4 E	4 E	4 F	4 G	4 E	4 E (6)			
5 Cr-½Mo	P-5	12 E	12 E	12 E	12 E	5 E	5 E	5 F	5 G	5 E (6)				
9 Cr-1 Mo	P-5	12 G	12 G	12 G	12 G	6 G	6 G	6 G	6 G (6)					
12 Cr tipo 410	P-6	12 F	12 F	12 F	12 F	7 F	7 F	7 F (6)						
12 Cr tipo 405	P-7	12 H	12 H	12 H	12 H	7 C	12 H-7 D							
3½ Nickel	P-8-9	12 C	12 C	12 C	12 C	8 C- 13 A C								
18Cr-8Ni SS tipo 304,304L	P-8	9 H	9 H	9 H	9 H									
18 Cr-8Ni stabilized SS tipo 347-321	P-8	10 H	10 H	10 H										
18 Cr-10Ni Moly SS Tipo 316-316L	P-8	11 H	11 H											
25 Cr-20 Ni Tipo 310	P-8	16 H												

Tabla 2 Aleaciones base Níquel

Tipo	P No (2)	Nickel	Monel	Inconel	Incoloy
Carbon steel	P 1	13	14	13	13
Stainless Steel	P 8	13	13	13	13
Incoloy	P 4-5	13	13	13	13
Inconel	P 4-3	13	13	13	
Monel	P 4-2	15	14		
Nickel	P 4-1	15			

MINIMO PRECALENTAMIENTO 50°F, NO REQUIERE POSCALENTAMIENTO EN JUNTAS DE LA MISMA COMBINACION

TABLA 3 WELDING MATERIALS					
Nº	Material	COATED ELECTRODES		BARE WIRE	
		ASME	CLASIFICACION	ASME	CLASIFICACION
1	Carbon Steel	SF A-5,1	E6010-E7018	SF A5,18	E70S-2
2	Carbon Moly	SF-A-5,5	E7010-A1-E7018-A1	SF A5,18	E70S-1B
3	1½ Cr- Moly	SF-A-5,5	E8016-B2-E8018-B2		ER515 (9)
4	2¼ Cr-Moly	SF-A-5,5	E9016-B3-E9018-B3		ER521 (9)
5	5 Cr-Moly	SF-A-5,4	E502-15 o 16	SF A 5,9	ER502
6	9 Cr-Moly	SF-A-5,4	E505-16 o 15		ER505 (9)
7	12 Cr	SF-A-5,4	E410-16 o 15	SF A 5,9	ER410
8	3½ NICKEL	SF-A-5,5	E8016-C2,E8018-C2		
9	18 Cr-8 Nickel 308-308L	SF A-5,4	E308-16 o 15	SF A 5,9	ER308,ER308 L
		SF A-5,4	E308L-16 o 15		
10	18 Cr-10 Ni-Cb 347	SF A-5,4	E347-16 o 15	SF A 5,9	ER347
		SF A-5,4			
11	18 Cr-10 Ni - Mo 316-316L (7)	SF A-5,4	E316-16 o 15	SF A 5,9	ER316,ER316 L
		SF A-5,4	E316L-16 o 15		
12	25 Cr-12 Ni (309) (8) Inconel	SF A-5,4	E309-16 o 15	SF A 5,9	ER309
		SF A-5,11	ENICrFe-3 INCONEL 182	SF A 5,14	ERNiCr-3 Inconel 182
13	Inconel	SF A-5,11	ENICrFe-3	SF A 5,14	ERNiCr-3 Inconel 82
			Inconel 182		
14	Monel	SF A-5,11	ENICu-2	SF A 5,14	ERNiCu 7 (11) Monel 80
			Monel 190		
15	Nickel	SF A-5,11	Eni-1	SF A 5,14	ERNi 3 Nickel 61
			Nickel 141		
16	25 Cr-20Ni (310) (8)	SF A-5,4	E310-16 o 15	SF A 5,9	ER310

TABLA 4

Tabla 4 tratamientos termicos		
Letra	Precalentamiento	Poscalentamiento
A	50°F Minimo Sobre 1" 175°F minimo	No requiere excepto espesores superiores a 3/4" 1150°F 1 hora/in
B	50°F Minimo Sobre ½" 175°F minimo	No requiere excepto espesores superiores a 1/2" 1150°F hora/in
C	200°F minimo	1150°F 1 hora/in
D	300°F minimo	1350°F 1 hora/ in con 2 horas minimo
E	350°F minimo	1350°F 1 hora/ in con 2 horas minimo
F	400°F minimo	1400°F 1 hora/ in con 2 horas minimo
G	350°F minimo Plus postHeat 500°F por ½ hora (10)	1350°F 1 hora/ in con 2 horas minimo
H	50°F minimo	NO REQUIERE

LAS TABLAS ANTERIORES CONTENIDAS EN EL TYRI.

Comentarios para las tablas 1, 2, 3 y 4

1. En las tablas 1 y 2 en la sección horizontal superior y vertical izquierda se encuentran los dos materiales a ser soldados, la letra y el numero indican el tratamiento térmico; en las tablas 3 y 4 se encuentra la información requerida.
2. Los materiales listados con la letra **P** están agrupados según ASME sección IX QW-422.

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

3. Las juntas en tuberías socket o soldaduras de filete con electrodos numero 13 o 12 no necesita tratamiento possoldadura. El precalentamiento requerido se puede observar en ANSI B31.3 párrafo 331.3.6 (G).
4. Para soldaduras en PIPE o TUBE esos materiales no necesitan poscalentamiento si el cromo máximo contenido es 3%, el diámetro nominal OD es 4", el máximo espesor es ½", el máximo carbón contenido 0.15", únicamente requiere precalentamiento a 300°F.
5. Esas juntas soldadas requieren test de dureza después del tratamiento térmico. La máxima dureza permisible es 225 Brinell (ANSI B31.3 parrafo 331.3.2.).
6. Esas juntas soldadas requieren test de dureza después del tratamiento termico (poscalentamiento). La máxima dureza permisible es 241 Brinell (ANSI B 31.3.3.2).
7. Donde **L** grado de material (extra low carbon) para la realizacion de esta junta debe usarse soldadura roldada (alambre).
8. Los grados especiales E309 y E310 contienen adicción de molibdeno y/o columbio al momento de soldar se debe controlar el grado de carbono al combinar con otros metales .
9. No existe especificacion ASME para este alambre,k pero es aceptado como soldadura industrial.
10. Debe controlarse la temperature entre pases; se debe dejar enfriar por debajo de 400°F, se debe controlar la transformacion de austenita.
11. ERNI (Nickel 61 is the pefeered filler wire for gas tungten arc welding monel to carbon steel.

OTRAS SOLDAURAS

Metal base	Carbón Stell	1¼Cr- ½Mo	2¼Cr-1Mo	Nickel	Inconel	Monel	Copper – nickel alloy
201	E309	E309	E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
202	E309	E309	E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
301	E309	E309	E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
302	E309	E309	E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

302B	E309	E309	E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
303	E309	E309	E310	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3		ENiCrFe-3
304	E309	E309	E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
304L	E309	E309	E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
305	E309	E309	E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
308	E309	E309	E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
309	E309	E309	E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
309S	E309	E309	E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
310	E310	E310	E310	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
310S	E310	E310	E310	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
314	E309	E309	E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
316	E309	E309	E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
316L	E309	E309	E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
317	E309	E309	E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
317L	E309	E309	E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
321	E309	E309	E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
330	E312	E312	E312	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
347	E312	E312	E312	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
348	E312	E312	E312	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
403	E60XX- E70XX			ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
405	E60XX- E70XX			ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
410	E60XX- E70XX			ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
414	X E60X- E70XX			ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ENiCrFe-3
416	E309			ENiCrFe-3	ENiCrFe-3		
420	E60XX - E70XX			ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	

430	E60XX- E70XX			ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	
430F	E309	E309	E309				
431	E60XX- E70XX			ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	
440A	E60XX- E70XX			ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	
440B	E60XX- E70XX			ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	
440C	E60XX- E70XX			ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	
446	E60XX- E70XX			ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	
501	E60XX- E70XX			ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	
502	E60XX- E70XX			ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	
505	E60XX- E70XX			ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	
Carbón stell	E60XX- E70XX			ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	
1¼ Cr ½Mo				ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	
2¼Cr-1Mo				ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	
Nickel				ENi-1	ENiCrFe-3	ENiCu-2	ECuNi; ENiCu-2
Inconel					ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; EniCu-2	ECuNi; ENiCu-2
Monel						ENiCu-2	ECuNi; ENiCu-2

Proceso a utilizar para hacer un soldado optimo

Participan las siguientes variables fundamentales:

1. La energía aplicada que permitirá la unión
2. Tipo de maquina a utilizar
3. El material de aporte
4. Tamaño de la pieza a soldar
5. Posición de la soldadura.

Tipo de junta o criterio de diseño

Hay varios tipos de ensamble de junta:

1. Junta sin bisel o chaflán
2. Junta con bisel o chaflán
3. Junta a tope especiales
4. Junta a traslapo

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

Condiciones de servicio

Las condiciones de servicio son el conjunto de valores que por su magnitud definen las cargas externas e internas aplicadas a un equipo determinado.

Los diseños que gobiernan los rangos están directamente relacionadas con el tamaño de la estructura, su peso, la presión interna, la vida de diseño, el tipo de material, su resistencia mecánica y la corrosión permitida, fluido a manejar.

Calidad solicitada

Para esto se deben calificar procedimientos de soldadura que permiten visualizar mediante ensayos, si todas las variables del proceso de soldadura están cumpliéndose para obtener soldaduras de calidad.

Eficiencia y rapidez de la soldadura

Es la economía del proceso de fabricación de una estructura, las soldaduras juegan un papel importante en el costo final, por eso la ecología avanza acertadamente hacia métodos de aplicación de metales de aporte con rapidez y eficiencia. Ejemplo Los robots de soldadura.

PROBLEMAS COMUNES EN SOLDADURAS

Los problemas más comunes en soldadura aparecen en la zona afectada por el calor (HAZ) debido a la pérdida de resistencia a la corrosión por la precipitación de carburos. Estos son formados cuando el acero pasa lentamente a través del rango de temperatura desde 800 hasta 1600°F, el cual es alcanzado durante el proceso de soldadura o su enfriamiento.

Bajo estas circunstancias el carbono se une con el cromo para formar los carburos y empobrece algunas áreas las cuales tienen menos resistencia a la corrosión. Esto usualmente ocurre en metal base en la zona HAZ, la propia soldadura usualmente no es afectada.

CORROSIÓN CONFINADA EN LA SOLDADURA POR DEFECTOS

Una soldadura con defectos como inclusiones, escorias o cavidades, producen en ambientes agresivos, severa corrosión debido a que los contaminantes del medio ambiente atacan primero áreas preferenciales de defectos, los cuales se confinan dentro de las capas soldadas.

Picadura

Es una especie de ataque preferencial que se localiza en el cordón de soldadura, debido a defectos microestructurales de la misma y causada básicamente por atmósferas con bajos PH.

Fusión incompleta

Es una falta de fusión entre el metal base y la soldadura, la cual crea un espacio libre. En esta zona se produce ataque por hendidura (crevice), la cual asociada con el medio ambiente y esfuerzos cíclicos puede producir corrosión –fatiga.

Penetración incompleta

La penetración incompleta es generalmente una consecuencia de falta de calor necesario para obtener la temperatura de fusión en el pase de raíz,. Esto es comúnmente causada por un diseño no satisfactorio del bisel que se va a usar durante el proceso de soldadura.

Otro factor que puede ocasionar falta de penetración es el uso de electrodos muy grandes, inadecuada corriente de soldadura o excesiva velocidad de los pasos.

Poros

Los poros se refieren a cavidades que se forman durante el proceso de solidificación de las soldaduras. Tales cavidades son producto de la solubilidad de un gas en el metal fundido o reacciones químicas que produce un gas dentro del mismo baño metálico.

Al mismo tiempo esas cavidades pueden formar canales que resultan en fugas.

Agrietamiento en soldaduras

Muchos casos de grietas son detectadas en las soldaduras debido a problemas de corrosión bajo tensión (stress corrosión cracking SCC), corrosión fatiga o simplemente fatiga.

Estas pueden ocurrir en la misma soldadura en forma transversal o longitudinal, cerca de la zona afectada por el calor (HAZ), en la zona HAZ o inclinada a través de la soldadura.

Agrietamiento en el pase de raíz

Un deposito frágil en el pase de raíz, puede causar agrietamiento, el cual se propaga por toda la soldadura.

Se presenta básicamente cuando existe diferencia de fragilidad entre el metal base y el deposito de soldadura, o cuando existe susceptibilidad de hot cracking.

El código ASME no acepta grietas.

Laminación en una soldadura

Son discontinuidades lineales del sustrato metálico de una soldadura, por la presencia de compuestos no metálicos, a menudo óxidos, sulfuros, sulfatos o silicatos, que corren en paralelo entre la superficie metálica exterior o interior a un elemento.

Según el código ASME

WPS: La penetración en el cordón de raíz, no debe ser superior a 1/8"

La altura del cordón de presentación no debe ser superior a 1/8".

PQR: Califica defectos.

CONTROL DE FERRITA EN ACEROS INOXIDABLES

Los inoxidable por norma se les debe controlar el nivel de Ferrita al momento de ser soldados

El mínimo numero de ferrita (fn) para el deposito de soldadura no debe exceder 11 FN medido antes del PWHT.

En los inoxidable que requieren PWHT mirar ASME sección II Part D-tabla 6-360 La mínima ferrita en el SS 347 es 5.

MÁXIMA TEMPERATURA ENTRE PASES

API 582 recomendaciones practicas:

Carbon and low alloy stell	600°F
410/410S	600°F
405	500°F
Alloy 20 cb-3	350°F
Austenitico P8	350°F
Duplex P-10H	300°F
Ni-Cu alloy 400	300°F
Alloy C276	350°F
Alloy 600	350°F
Alloy 625	350°F
Alloy 800	350°F

SUSTANCIAS QUE PRODUCEN ATAQUE A LAS SOLDADURAS

El acero al carbón es susceptible de ataque a las soldaduras cuando es sometido a manejar productos como los que se enuncian a continuación; razón por la cual requiere de PWHT (poscalentamiento) a fin de aliviar las micro tensiones que se generan durante el proceso de soldadura.

- **Ambientes alcalinos**
- **Ambientes con Anhidro sulfuroso húmedo**

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

- Ambiente con aminas
- Vapor
- HF
- H₂S

A continuación se detallan los requerimientos para cada sistema.

El acero al carbón requiere de tratamiento de relevo de tensiones en las soldaduras y zona afectada por el calor cuando va a estar sometidos a diversas concentraciones de soda a determinada temperatura de operación o grados BOUME ver la grafica.

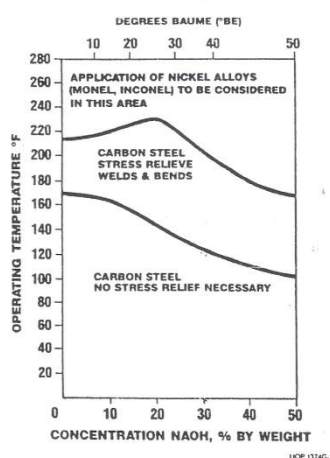


Figure XII-1
Caustic Soda Service Chart

H₂S húmedo

El anhídrido sulfuroso cuando está en condición húmeda o en presencia de vapor de agua, requiere que sus soldaduras y zona afectadas sea relevadas de tensiones al utilizar acero al carbono. Efectuar alivio de tensiones a 1150°F, sosteniendo por cada pulgada de espesor 1 hora. De calentamiento.

MEA-DEA

Diethanolamine (DEA), Methyldiethanolamine (MDEA) y Monoethanolamine (MEA); son usadas en tratamientos de amina para remover H₂S y CO₂ de flujos de hidrocarbon.

Estas aminas requieren poscalentamiento después de soldar el acero al carbono. Si la condiciones de temperatura y las concentraciones de las aminas son altas, lo mejor es seleccionar aceros inoxidables de la serie 300 (E304-E304L).

Cuando se usa el acero al carbono requiere alivio de tensiones a 1150°F, sosteniendo 1 hora por cada pulgada de espesor.

VAPOR

Se ha detectado problemas en vasijas a presión, especialmente des aireadores de condensados, en áreas donde se localiza la interface de vapor, se recomienda aliviar a 1150°F en estos casos.

HF

Para este caso es recomendado el MONEL, pero el acero al carbono es usado para operar con pequeñas concentraciones.

En este caso es recomendable aliviar a 1050 -1100°F.

OTRAS SOLDADURAS EN TUBERIAS QUE REQUIEREN SER ALIVIADAS

Los aceros de baja y media aleación requieren de especiales medidas de precaución para su soldabilidad, porque los contenidos de cromo y molibdeno hacen que durante los procesos de trabajo caliente, la unión soldada y la zona afectada por el calor (zona haz) se altere en sus propiedades.

El factor que mas influye es la precipitación durante el enfriamiento, es la formación de fases duras y frágiles, como la martensita, que alteran la resistencia mecánica de la aleación.

Por esta razón durante el proceso de soldadura hay que efectuar etapas de pre y poscalentamiento antes y después de unir las piezas.

El pre calentamiento permite preparar el metal para que reciba el baño metálico sin problemas y cause el menor daño posible, mientras que el poscalentamiento trata de acomodar lo mas cercano posible al baño fundido y a la zona afectada por el calor, a las propiedades del metal base.

Los tratamientos térmicos permitirán recobrar propiedades como la resistencia mecánica, resistencia al impacto, resistencia a la corrosión, tenacidad, resiliencia y ductilidad.

Todos los metales tienen una dureza especifica; la cual debe ser medida después de cualquier tratamiento térmico.

QUE ES DUREZA

Es la capacidad de una sustancia sólida para resistir deformación o abrasión de su superficie. Se aplican varias interpretaciones al término en función de su uso. En mineralogía, la dureza se define como la resistencia al rayado de la superficie lisa de un mineral. Una superficie blanda se raya con más facilidad que una dura; de esta forma un mineral duro, como el diamante, rayará uno blando, como el grafito, mientras que la situación inversa nunca se producirá. La dureza relativa de los minerales se determina gracias a la escala de dureza de Mohs, nombre del mineralogista alemán Friedrich Mohs que la ideó. En esta escala, diez minerales comunes están clasificados en orden de creciente dureza recibiendo un índice: talco, 1; yeso, 2; calcita, 3; fluorita, 4; apatito, 5; ortosa (feldespato), 6; cuarzo, 7; topacio, 8; corindón, 9, y diamante, 10. La dureza de una muestra se obtiene determinando qué mineral de la escala de Mohs lo raya. Así, la galena, que tiene una dureza de 2,5, puede rayar el yeso y es rayado por la calcita. La dureza de un mineral determina en gran medida su durabilidad.

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

En metalurgia e ingeniería, la dureza se determina presionando una bolita o un cono de material duro sobre la superficie estudiada y midiendo el tamaño de la indentación. Los metales duros se indentan menos que los blandos. Este método para establecer la dureza de una superficie metálica se conoce como prueba de Brinell, en honor al ingeniero sueco Johann Brinell, que inventó la máquina de Brinell para medidas de dureza de metales y aleaciones.

La dureza está relacionada con la solidez, la durabilidad y la resistencia de sustancias sólidas, y, en sentido amplio, este término suele extenderse para incluir todas estas propiedades.

Proceso de medición de la dureza

Hay que distinguir entre procesos estáticos y dinámicos para medir la dureza. Todos se refieren al mismo principio: un cuerpo penetrador es presionado continuamente en el material con una fuerza de prueba determinada. Se medirá la deformación local que se origina en la parte plástica y elástica. Las mediciones estáticas determinan solamente la parte de la deformación plástica. Según la magnitud de la fuerza de prueba se diferencia: macro dureza (fuerza $F > 30 \text{ N}$), dureza de pequeña carga ($2 - 30 \text{ N}$) y micro dureza ($< 0,5 \text{ N}$). La medición de dureza con Brinell, Vickers o Rockwell pertenece a los procesos de medición de dureza estáticos. En los procesos dinámicos (método de dureza Shore o martillo pendular) se hace chocar un cuerpo penetrador en la parte a medir con una energía cinética desde un intervalo definido. Así se comprueban tuberías, ejes de turbinas o piezas fundidas. Tiene a su disposición tablas DIN 50150 para comparar los resultados obtenidos por medio de los diversos procedimientos.

Dureza Brinell

Abreviado HB. Una bola de acero templado (HBS) o una bola de metal duro (HBW) de diámetro conocido es presionado con una fuerza de prueba F verticalmente en la superficie de una prueba alisada. La fuerza de prueba se ejerce dentro de un intervalo de tiempo definido (de dos a ocho segundos); el tiempo de incidencia debe estar entre diez y quince segundos. La dureza Brinell se calcula por el diámetro de la presión y de la fuerza de prueba. El procedimiento de dureza Brinell se aplica sobre todo con materiales con base férrica o con aleaciones no férricas. Un mecanismo de calentamiento en la instalación de prueba concede significado al procedimiento Brinell a la hora de determinar la dureza térmica de los metales.

Dureza Vickers HV

Procedimiento de penetración para el control de la dureza (proceso de medición de la dureza DIN 50133). Un diamante con forma de pirámide es presionado en una prueba con una fuerza definida. La dureza se calcula por la diagonal de la presión - medida al liberar la prueba -. Dependiendo de la fuerza de prueba se distingue el rango de carga pequeña y de micro dureza. La macro dureza en metales es independiente de la fuerza de prueba. El procedimiento Vickers se usa con materiales muy duros; para pruebas pequeñas, duras y delgadas y para superficies templadas. Después del HV se encuentra la prueba de fuerza de forma abreviada y el tiempo de incidencia - si difiere del tiempo habitual -.

Dureza Rockwell

La dureza Rockwell determina el valor de dureza por medio de la profundidad de penetración de un cuerpo de prueba. Para las variantes C y A (para materiales duros o muy duros) así como N (para pruebas delgadas) una bola de diamante, penetra en la prueba de una manera definida. Para las versiones B y F (para materiales semiduros y blandos) o T (para pruebas delgadas) se emplea una bola de acero. El cuerpo de prueba tendrá un soporte más seguro durante la medición con la carga previa. La carga de prueba varía dependiendo de la variante. Las abreviaturas para los procedimientos Rockwell son: HRC, HRA, HRB, HRF, HR- 15N, HR15T, HR30N, HR30T, HR45N, HR45T. El valor de dureza se coloca delante de la abreviatura, por ejemplo: 45 HRC; 76 HR45N. DIN 50103. Hoja 1 para los procesos C, A, B, F, hoja 2 para N y T.

Dureza Shore

Procedimiento dinámico de medición de dureza. Se determina la altura de rebote de un cabezal bulón que cae en la superficie de la prueba desde una altura de 250 mm. 177 mm de altura de rebote corresponden a 100 unidades Shore.

Prueba de dureza por impacto

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

Procedimiento dinámico de medición de dureza. La base de cálculo es el diámetro de la presión de una bola producido por el impacto con un martillo de mano (martillo Poldi) o con un muelle tensado. Con el martillo Poldi la bola se presiona en una barra de control de dureza conocida.

TIPICAL BRINELL HARDNESS		
RANGE FOR VARIOUS MATERIALS		
	MIN	MAX
C-½ MO.	136	225
1¼ CHROME 1 MO	149	225
2¼ CHROME 1 MO	160	241
5 CHROME 1 MO	131	241
7 CHROME ½ MO	150	241
9 CHROME ½ MO	175	241
11-13 CHROME	179	241
18-8 SS	130	
CARBON STEEL	140	200

Cuando se realiza la toma de dureza esta debe abarcar 2 mm en la zona Haz del cordón.

El espacio para la toma de dureza puede ser de 1 a 3 mm

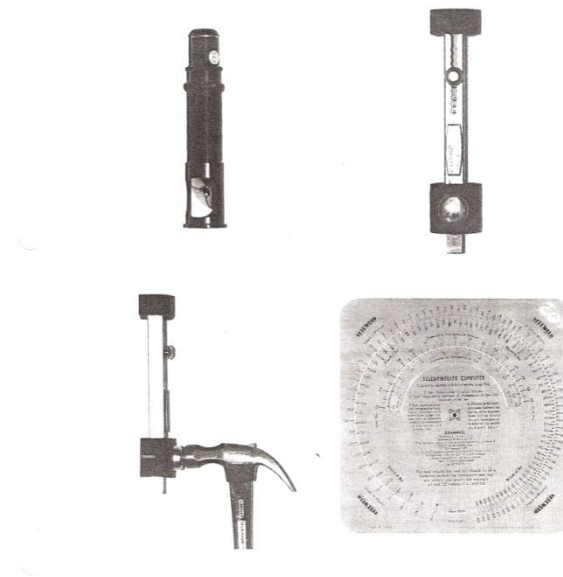
Las durezas en tiempo anteriores en la refinería se tomaban con un equipo llamado TELLEBRINER; consistía en dar un golpe con martillo e indentar el metal luego se hacia la revisión con un microscópico que tenia unas graduaciones para adecuar al orificio dando las medidas las cuales eran comparadas en una tabla donde indicaba la dureza; para esto se solicitaba esmerilar la soldadura en el sitio donde se tomaba la dureza.

Hoy día las durezas son tomadas con equipos de última generación los cuales exigen un pulimento casi espejo.

Es recomendable para el inspector escribir en la recomendación emitida la limpieza que requiere la soldadura a la que se le hará la toma de dureza; el siguiente es un procedimiento para exigir la limpieza requerida.

- Limpiar la soldadura y zona haz donde se hará la toma de dureza con esmeril.
- Luego hacer limpieza con lija 80
- Limpieza con lija 400
- Rematar con lija 600

EQUIPO PARA MEDIR DUREZA TELLEBRINELL



EQUIPOS DE NUEVA GENERACION

Durómetros portátiles: equipos livianos, precisos y confiables, técnicas de medición de dureza por rebote y microindentacion, toda clase de materiales



Para la evaluación de la dureza de las áreas soldadas después de hacer el alivio de tensiones tenga presente que cuando la dureza sobrepasa la requerida por el metal. Las zonas demasiados duros son susceptibles a fallar por CRACK prematuro.

Por este motivo es mandatorio repetir nuevamente el alivio.

Si la dureza es menor a la requerida por el metal también se puede presentar falla; pero en este caso como no podemos aliviar nuevamente se hace mandatorio cortar la junta soldada y preparar nuevamente para repetir la junta.

CONTROLES DE CALIDAD PARA SOLDADURAS EN TUBERIA

ANSI B- 31.1

Tubería de potencia

1. Exanimación requerida.

En la siguiente tabla se especifica el tipo de exanimación requerida para este tipo de tubería, de acuerdo a la presión y temperatura de diseño.

Las examinaciones indicadas son 100%

Tipo de soldadura	P cualquiera $T > 750^{\circ} \text{F}$	$P > 1025 \text{ psig}$ $350^{\circ}\text{F} \leq T \leq 750^{\circ} \text{F}$	Todo lo demás
A tope	RX, γ para $\varnothing \geq 2"$ MT o PT para $\varnothing < 2"$ y con $t > 3/4"$	RX γ para $\varnothing \geq 2"$ visual para $t \leq 3/4"$	Visual para todos los tamaños y espesores
Conexiones soldadas	RX ; γ para $\varnothing \geq 4"$ MT o PT para $< 4"$	RX, γ $\varnothing \geq 4"$ y con $t > 3/4"$ Visual para $t \leq 3/4"$	Visual para todos los tamaños y espesores
Filete, uniones socket	PT o MT para todos los tamaños y espesores	visual para todos los tamaños y espesores	Visual para todos los tamaños y espesores

MT : Partículas magnéticas (Magnetic test)

PT : Líquidos penetrantes (Penetrant test)

Criterios de aceptación.

Los siguientes tipos de defectos son inaceptables:

- 1.1. Cualquier tipo de grieta, zona de fusión o penetración incompleta.
- 1.2. Cualquier indicación alargada que tenga una longitud mayor que:
 - $1/4"$ para $t \leq 3/4"$
 - $1/3" t$ para $3/4" < t \leq 2 1/4"$
 - $3/4"$ para $t > 2 1/4"$

“ t “ es el espesor de la soldadura, si existen dos (2) espesores diferentes a soldar, “ t “ es el menor de los espesores.
- 1.3. Cualquier grupo de indicación en línea, que tenga una longitud total mayor a “ t “ en una longitud de $12 t$, excepto cuando la distancia entre indicaciones sucesivas exceda **6L**, donde **L** es el tamaño de la indicación más grande en el grupo.
- 1.4. Máximo tamaño de indicaciones redondeadas: el máximo tamaño permisible de cualquier indicación será $1/4 t$ o $5/32"$ lo que sea menor; excepto aquellas indicaciones aisladas y separadas una de otra por $1"$ ó más puede ser **$1/3 t$, ó $1/4"$** la que sea menor. Para t mayor a $2"$, el máximo tamaño permisible de una indicación aislada será de $3/8"$.
- 1.5. Indicaciones aisladas redondeadas: Se aceptan estas indicaciones Cuando la suma de los diámetros de las indicaciones es menor que “ t “

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

en una longitud de **12t**.

- 1.6. Para espesores menores a 1/8" el máximo numero de indicaciones redondeadas no excederá de 12 en 6" de longitud de soldadura. Si la longitud de soldadura es menor a 6" el número de indicaciones permitidas es proporcional.

ANSI B 31.3 - 1984

TUBERIA PARA PLANTAS QUIMICAS Y REFINERIAS DE PETROLEO

1. Definiciones:

1.1. Fluido categoría D: es aquel que reúne las siguientes condiciones:

1.1.1 El fluido manejado es no inflamable no tóxico y no peligroso para los tejidos humanos.

1.1.2. La presión de diseño no excede 150 psi.

1.1.3. La temperatura de diseño está entre -20° F y 360° F

1.2. Fluido categoría **M**: Servicio para fluidos en el cual el riesgo potencial para el personal expuesto es significativo y una simple exposición a una cantidad muy pequeña del fluido, causada por fuga, puede producir serios daños irreversibles a las personas, cuando lo aspiran o tienen contacto con su cuerpo, aún cuando se tomen medidas restaurativas inmediatas.

1.3. Radiografías al azar: (Random radiography), se aplica solamente al perímetro de soldadura a tope. Es una exanimación radiográfica de la circunferencia completa de un porcentaje especificado de soldaduras a tope en un lote de tubería.

1.4. 100% Radiografía: se aplica solamente al perímetro de soldadura a tope, al menos que se especifique otra cosa en el diseño de ingeniería. Es una exanimación radiográfica de la circunferencia completa de soldaduras a tope de un lote de tubería diseñado.

Si el diseño de ingeniería especifica 100% radiografía incluye soldaduras diferentes a las circunferenciales, la exanimación incluye la longitud total de tales soldaduras.

1.5. Spot radiográfico: es la practica de realizar una simple exposición radiográfica en un punto dentro de una extensión especificada de soldadura. Para un Spot radiográfico se requiere:

a) Para soldaduras longitudinales al menos 6" de longitud de soldadura.

b) Para soldaduras circunferenciales o conexiones:

1) En tubería $\leq 2\frac{1}{2}" \varnothing$ una simple exposición elíptica.

2) En tubería $> 2\frac{1}{2}" \varnothing$ al menos el 25% de la circunferencia o 6", la que sea menor.

EXAMINACION RADIOGRAFICA REQUERIDA

Para tubería no cubierta por fluidos categoría **D** o por condiciones cíclicas severas, las soldaduras se examinarán así:

Mínimo el 5% de las soldaduras circunferenciales a tope serán examinadas por radiografía al azar (random) o ultrasonido.

Estas soldaduras se seleccionarán de tal manera que el trabajo de cada uno de los soldadores este incluido, y que el mayor número sea en las intersecciones longitudinales.

Por lo menos 1½" de las soldaduras longitudinales deben ser examinadas.

Para fluidos categoría D

Las soldaduras de tubería para fluidos categoría D se examinarán visualmente.

Para condiciones cíclicas severas:

Todas las soldaduras circunferenciales a tope y todas las soldaduras de (boquillas) que no sean filete serán examinadas por radiografía o ultrasonido 100%.

Las soldaduras de filete se examinarán con partículas magnéticas o líquidos penetrantes.

EXAMINACION SUPLEMENTARIA

Soldaduras longitudinales:

Aquellas soldaduras longitudinales que por diseño son requeridas a tener un factor de junta requieren " Spot " radiográfico de por lo menos 1 pie en cada 100' de soldadura y por cada soldador .

Soldaduras circunferenciales a tope y otras soldaduras: La extensión de la exanimación no será menor que una muestra en cada 20 soldaduras y por cada uno de los soldadores.

Las soldaduras a examinar serán seleccionadas por el inspector.

CRITERIOS DE ACEPTACION.

Un ítem examinado que presente uno o mas defectos, será reexaminado por el mismo método, la misma extensión y por el mismo criterio de aceptación que se requirió par el trabajo original.

EXAMINACION PROGRESIVA

Cuando la exanimación (Spot random) requerida revele un defecto:

1. Dos ítems adicionales de la misma clase se tomarán al mismo tipo de exanimación.
2. Si los ítems examinados de acuerdo al punto 1, son aceptables, el ítem defectuoso será reparado y examinado, y todos los ítems representados por esta exanimación adicional serán aceptados.
3. Si cualquiera de los ítems examinados de acuerdo al punto 1 revela un defecto, 2 ítems mas de la misma clase serán examinados para cada uno de los ítems defectuosos.
4. Si todos los ítems exigidos por el punto 3. son aceptables, el ítem defectuoso será reparado y todos los ítems son aceptados.
5. Si cualquiera de los ítems examinados de acuerdo con el punto 3. revela un defecto, todos los ítems representados por las exanimaciones progresivas serán :
Reparados y examinados.
Totalmente examinados y reparados como sea necesario.

MATERIALES P# 3-4-5.

Para materiales P# 3-4-5 la exanimación radiográfica (o por ultrasonido) se hará después de cualquier tratamiento térmico.

Las especificaciones de estos materiales son.

P # 3 : $\frac{1}{2}$ Cr - $\frac{1}{2}$ Mo

P # 4 : 2 Cr - $\frac{1}{2}$ Mo

P # 5 Gr 1 : $2\frac{1}{4}$ Cr - $\frac{1}{2}$ Mo

P # 5 Gr 2 : $2\frac{1}{4}$ Cr - 1 Mo

P # 5 Gr 3 : 5 Cr - $\frac{1}{2}$ Mo

P # 5 Gr 4 : 7 Cr - $\frac{1}{2}$ Mo

P # 5 Gr 5 : 9 Cr - 1 Mo

CURVA DE PRE Y POSCALENTAMIENTO DEL ACERO AL CARBON

Ver la sección 8 del ASME división 1, tablas UCS 56 pagina 159 a 165.

PRECALENTAMIENTO

Base metal P-Nº- or S Nº nota (1)	Weld metal Analysis A-Nº nota (2)	Base metal grupo	Nominal wall thickness		Specification min Tensile Strength, base metal		Min Temperatura			
			mm	in	MPa	Ksi	Requerida		Recomendada	
							°C	°F	°C	°F
1	1	Carbon stell	≤25	≤1	≤490	≤71	.....	.....	10	50
			≤25	≤1	All	All	.....	.....	79	175
			All	All	≤490	≤71				

Notas:

(1) P-Number or S-number from BPV Code, section IX, QW/QB-422.

(2) A-Number from Section IX, QW-442.

POST CALENTAMIENTO

Base metal P-N°- or S N° nota (1)	Weld metal Analysis A- number note (2)	Base metal Group	Nominal wall thickness		Specified Min, Tensile Strength Base metal		Metal temperatura Range		Holding Time			Brinell Hardness Max. Note (4)
									Nominal wall			
			mm	in	MPa	Ksi	°C	°F	Note (3)	Min time		
									Min/mm	hr/in	hr	
1	1	Carbon Stell	≤19	≤1/4	All	All	None	None	.....	....	...	.....
			≥19	≥3/4	All	All	593- 649	1100- 1200	2.4	1	1	.....

NOTES

(1) P-Number or S-Number from BPV Code, section IX, QW/QB-422.

INSPECCION DE TUBERIAS

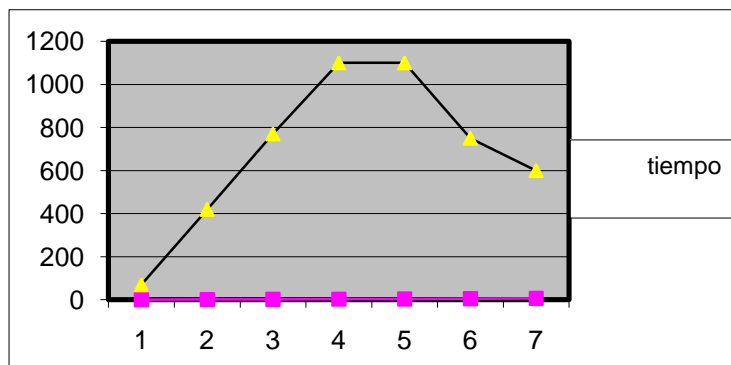
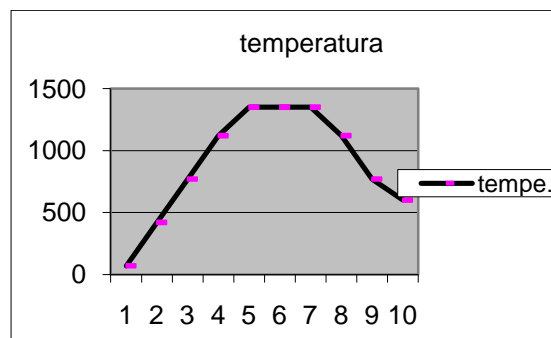
AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

- (2) A-Number from Section IX, QW- 442.
- (3) For holding time in SI metric units, use min/mm (minutes per mm thickness). For U.S. units, use hr/in. Thickness.
- (4) See para. 331.1.7

NOTA:

La rata de calentamiento inicia de 1 a 600°F continuo, luego a 350°F por hora.

La rata de enfriamiento es a 350°F por hora hasta llegar a 600°F temperatura a la cual se debe apagar la maquina.

CURVA DE ALIVIO PARA MATERIAL ACERO AL CARBON**CURVA DE ALIVIO PARA TUBERÍAS FABRICADAS EN MATERIAL 5% Cr**

QUE ES CORROSION

Se entiende por corrosión la interacción de un metal con el medio que lo rodea, produciendo el consiguiente deterioro en sus propiedades tanto físicas como químicas.

La característica fundamental de este fenómeno, es que solo ocurre en presencia de un electrolito, ocasionando regiones plenamente identificadas, llamadas estas anódicas y catódicas; una reacción de oxidación es una reacción anódica, en el cual los electrones son liberados dirigiéndose a otras regiones catódicas. En la región anódica se producirá la disolución del metal (corrosión) y consecuentemente en la región catódica la inmunidad del metal.

Los enlaces metálicos tienden a convertirse en enlaces iónicos, lo favorece que el material puede en cierto momento transferir y recibir electrones, creando zonas catódicas y zonas anódicas en su estructura. La velocidad a que un material se corroe es lenta y continua todo dependiendo del ambiente donde se encuentre, a medida que pasa el tiempo se va creando una capa fina de material en la superficie, que van formándose inicialmente como manchas hasta que llegan a aparecer imperfecciones en la superficie del metal.

Este mecanismo que es analizado desde un punto de vista termodinámico electroquímico, indica que el metal tiende a retornar al estado primitivo o de mínima energía, siendo la corrosión por lo tanto la causante de grandes perjuicios económicos en instalaciones enterradas. Por esta razón, es necesario la oportuna utilización de la técnica de protección catódica.

La corrosión es la reacción no deseada de un metal o aleación con el medio ambiente

El ambiente puede ser gaseoso (oxidación) o líquido (corrosión)

En ambiente líquido un metal puede comportarse de tres maneras:

- Inmune al ambiente, como los metales nobles (oro, plata)
- El metal es activo en el ambiente produciéndose la corrosión y el metal pierde peso
- El metal se corroerá pero se produce un estado de pasividad al formarse película que lo protege

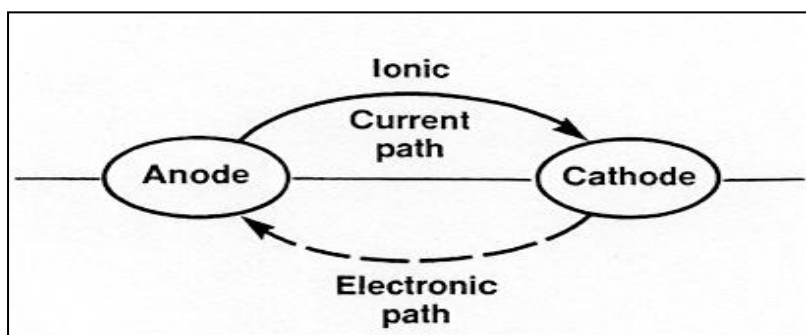
COMPORTAMIENTO DESEADO: INMUNE Y PASIVADO

Comprenden reacciones de oxidación (liberación de electrones) / reacciones de reducción (consumo de electrones)

Cada reacción comprende dos procesos individuales que llevan a condiciones de equilibrio, sometidos a las leyes de la química

El intercambio de electrones implica un proceso sujeto a las leyes de la electricidad

Todos los procesos producidos en ambientes líquidos son procesos electroquímicos. Estos líquidos actúan como electrolitos (conductores de electricidad) y dan origen a una "celda electroquímica de corrosión".

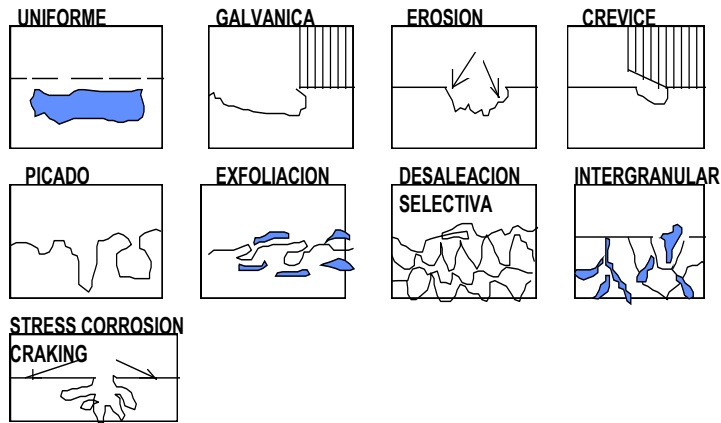


La corriente que fluye por una celda crea una diferencia de potencial o voltaje entre ánodo y cátodo.

A mayor diferencia de potencial, mas flujo de corriente.

Cuando dos metales están conectados, uno se convertirá en ánodo y el otro en cátodo.

TIPOS COMUNES DE CORROSION



CORROSION UNIFORME: Esta forma de corrosión está caracterizada por un desgaste general de la superficie del metal. Todos los metales están sujetos a este tipo de ataque bajo alguna condición. Es la forma más común y no tan grave de la corrosión. Un ataque de esta naturaleza permite calcular fácilmente la vida útil de los materiales.



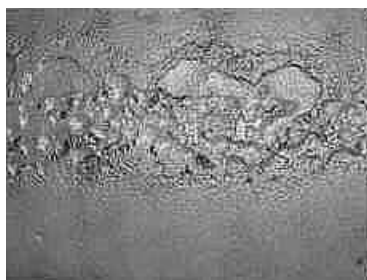
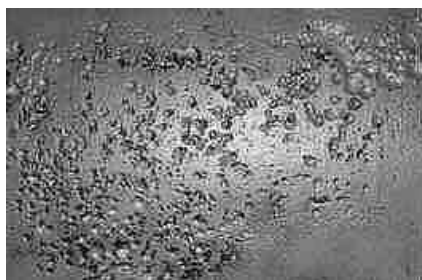
CORROSION POR PICADURAS (PITTING): Es una forma de corrosión localizada, la cual resulta en agujeros o cavidades que se inician en la superficie metálica. Estas cavidades pueden ser llenadas por productos de corrosión, estos a su vez pueden formar cápsulas sobre las cavidades, las cuales son descritas como nódulos o tubérculos. Las cavidades con agujeros generalmente tienen la forma de un orificio cónico o hemisférico y sus paredes son irregulares cuando son vistas bajo un microscopio. En la

El picado ha causado más de una pérdida inesperada por corrosión de cualquier otro tipo ya que se presenta de manera imprevista y una vez iniciada es difícil de controlar, además, es una forma de corrosión muy peligrosa, porque muy poca pérdida total de peso es suficiente para destruir un material o un equipo de producción.

El picado generalmente ocurre sobre una superficie metálica sumergida en una solución o ambiente húmedo como el suelo, o también sobre una superficie expuesta a la atmósfera si hay gotas de humedad o películas de condensado sobre la superficie metálica.

Este tipo de corrosión se presenta usualmente sobre metales que se pasivan tales como el magnesio, aluminio, acero inoxidable, titanio y cobre. También sobre hierro, acero, plomo, y otros metales. La gravedad del picado depende del espesor del metal y de la velocidad de penetración. La velocidad generalmente decrece con el tiempo. Sobre secciones delgadas el picado puede ser crítico, mientras que sobre una sección gruesa puede ser moderada.

La medición de la profundidad de la picadura es relativamente fácil cuando las picaduras son poco profundas. Los micrómetros y aún los aparatos ultrasónicos, pueden ser utilizados en este caso. Cuando las picaduras son pequeñas y están aisladas, es posible medir la profundidad usando un microscopio con un objetivo de alto poder. Las picaduras más grandes, especialmente las que se extienden hacia los lados o que son muy estrechas, solo pueden medirse con metalografía. Esto significa por supuesto que el componente debe ser destruido o reemplazado por lo que el método solo se utiliza generalmente después de que ha ocurrido la falla, y se llama análisis de falla.



CORROSION INTERGRANULAR

Es un ataque que se presenta en los límites del grano de los aceros o aleaciones. Su resultado es la pérdida de resistencia de las áreas atacadas.

Este tipo de corrosión es atribuido a los límites del grano de los aceros tipo austeníticos Cr-Ni. En los rangos de temperatura 850 a 1650°F el carbón precipita en los límites del grano en la forma de carburos de cromo, quedando los límites de grano al ataque corrosivo.

Algunos aceros tipo inoxidable austeníticos, son atacados en los límites del grano por soluciones corrosivas, usualmente ácidos en solución algo caliente. Tensile Stress aceleran este tipo de ataque, como se ha dicho todos los aceros son susceptibles de este ataque entre 850 y 1650°F, en estas temperaturas ocurre la precipitación de carburos.

Los medios mas frecuentes donde se presenta un ataque intergranular son: Ácidos nafténicos, ácidos politionicos, nítrico, sulfúrico, fosfórico, hidróclórico.

El mecanismo de corrosión intergranular es bien conocido y por consiguiente puede ser evitado. En vista que el mayor problema en este tipo de corrosión es la pérdida del cromo, por la formación de carburos de cromo lo mas apropiado es el control del carbono en la aleación. El control puede ser alcanzado por:

Tratamiento térmico: Es un calentamiento de la aleación a temperaturas cercanas a la precipitación de carburos o redissolver los carburos. Temperatura de 850 y 1650°F, siendo conveniente un enfriamiento rápido a modo de Quench para evitar la re-formación de carburos de cromo.

Reducción en el contenido de carbono, a limites en los cuales la precipitación de carburos es insignificante o sea a un 0.03%.

Adición de estabilizadores. Que conforman carburos estables, los elementos utilizados son Titanium, Columbus y Tantalum.

STRESS CORROSION

Este tipo de corrosión ocurre sin previo aviso, sin cambios físicos en tamaño o apariencia del material y no es reparable.

Corrosión y stress trabajan juntos y pueden causar falla en los metales de dos maneras :

- a. La resistencia a la corrosión del metal o aleación disminuye y la corrosión en general se desarrolla. Esto se llama corrosión acelerada por stress.
- b. La falla es debida a la fragilidad y se llama stress corrosión cracking (S.C.C).

Stress corrosión hace referencia a como se debe la falla o sea una combinación de efectos de corrosión y stress. Las dos deben ir juntas, de otra la manera la falla no puede ocurrir. La característica mas importante de stress corrosión es que el metal se observa sano hasta tanto las grietas no se exterioricen.

Stress corrosión es el termino dado, cuando stress estáticas o fijas son mezclados. De aquí surgen otros efectos.

Si los esfuerzos son repetitivos o alternos la falla recibe el nombre de corrosión por fatiga. El termino fatiga nos indica la naturaleza del stress.

El stress corrosión presenta otro requisito básico y es Tensile stress.

Los stress son de dos clases:

- a. Stress debido a cargas aplicadas ejemplo stress en la estructura de un puente causada al paso de un carro.
- b. Stress residuales.

El stress residual son mas importantes de fallas por stress corrosión y se forman en las soldaduras y en el trabajo en frio.

Cuando dos metales son soldados resultan dos clases de esfuerzos: Residuales stress y aplicados stress. Estos stress son generalmente grandes y cercanas al límite elástico.

Entendiéndose como limite elástico, el stress donde el metal empieza permanentemente a alargarse y no regresa a sus dimensiones originales cuando el stress es retirado.

Un metal se dice que alarga elásticamente cuando esta sometido a stress y retorna a su dimensión cuando el stress es retirado.

Cuando se hace una virola o anillo se forman tensiones residuales al momento de aplicar soldadura para su unión.

El trabajo en frio retiene energía y causa residual stress en el metal, los cuales son proporcionales a la cantidad de trabajo en frio.

Dos ejemplos clásicos de stress corrosión:

- a. "Season Cracking" Se presenta en el bronce, en los anillos de las balas al ser dobladas mediante el trabajo en frio.

- b.** "Caustic embrittlement" Se presenta en el acero y es el resultado de contacto con medios cáusticos, dependiendo de la concentración (°BAUME) y temperatura (°F).

Estos fenómenos pueden prevenirse haciendo alivio de tensiones (alivio de stress) el alivio de tensiones da mayor garantía cuando se hace en etapas intermedias.

Los factores que pueden predecirnos el tiempo para una falla depende:

- a.** Stress.
- b.** El medio
- c** La temperatura
- d** Estructura y composición del metal.

Si la microestructura es tal que favorece la corrosión el tiempo de falla es corto.

La composición del metal esta directamente relacionado con la resistencia al stress corrosión, pero pequeños cambios pueden variar esta propiedad. Por ejemplo el cobre presenta un buen servicio en medios que contengan amoníaco pero el bronce (Cu-Zn) presenta fallas.

El mecanismo del stress corrosión se puede resumir:

1. Iniciación o punto de comienzo del Crack
2. Propagación o crecimiento del Crack.

La corrosión localizada picadura, surcos, fosos que se presentan en los límites del grano son los portadores o puntos de iniciación del stress corrosión después se favorece con las áreas anódicas y catódicas formadas.

El punto de iniciación del Crack es anódica y el área de los contornos es catódica.

Se debe evitar las entallas, curvaturas agudas (aristas).

STRESS CORROSION CRACKING

S.C.C Es una forma de ataque corrosivo resultante de la combinación de un medio corrosivo y tensile stress en un material.

El cracking puede ser transgranular y/o intergranular dependiendo del tipo de aleación, sus condiciones metalúrgicas y el medio.

El más común tipo transgranular, es el de los austeníticos en medios clorados.

Intergranular corrosión se presenta en los aceros no estabilizados del tipo 304 y/o 316 en medio húmedos sulfídicos o en medios sulfurados y bajo ciertas condiciones de stress y de concentración.

Este fenómeno casi siempre ocurre en zonas adyacentes a soldaduras.

Todos los metales son propensos de S.C.C. y el medio de propagación es muy especial. Así soluciones que contienen cloruros o vapores de ácidos, fomentan este tipo de falla en aceros inoxidables austeníticos.

Soluciones sulfídicas o sulfuradas causan cracking en diferentes tipos de aceros martensíticos.

S.C.C, deben ser eliminados o minimizados por tratamientos térmicos en la fabricación para eliminar stresses. Removiendo contaminantes nocivos tales como cloruros o seleccionando materiales que sean resistentes a medios corrosivos.

El CARPENTER 20 Cb-3 es inmune a S.C.C, y elimina en forma total el S.C.

S.C.C, en aceros inoxidables austeníticos ocurren bajo condiciones prolongadas de tensile stress y en medios corrosivos. La propagación se realiza generalmente en forma transgranular.

Los medios en donde S.C.C, se propagan, usualmente contienen cloruros o soluciones acuosas, los cloruros tienden a destruir la película de óxidos y la cantidad de estos cloruros puede ser relativamente pequeña para la iniciación del ataque. Todos los medios deben ser húmedos, aun parece que no existen conocimientos de S.C.C, en medios secos.

Soluciones causticas de varias concentraciones y temperaturas pueden causar transgranular S.C.C, en aceros inoxidable, sometidos a stress. Los inoxidables son recomendables en medios cáusticos pero a bajas temperaturas.

Los dos factores que causan el **S.C.C**, son:

- a. Stress superficiales de tensión, estos a su vez stress residuales interiores y stress aplicados.
- b. Medios corrosivos que pueden romper la película de óxido protectora.

Los medios donde es factible que se presente S.C.C, son cáusticos, nitrados, soluciones sulfidicas o que contengan H_2S , NH_3 , HCN , CO_2 , amonio con aire, agua que contenga CO y CO_2 cloruros.

S.C.C en medios alcalinos forma un tipo de falla conocida como Caustic Embrittlement.

Aceros al carbón y aleaciones bajas son atacadas rápidamente por S.C.C, en caliente y soluciones concentradas en nitratos.

En servicios de hidrocarburos se presenta crack, por la presencia de sulfuros y áreas sometidas a stress. Las características del stress son:

- a. Tiempo bajo de incubación.
- b. Múltiples crack, perpendiculares al área de stress.
- c. Ramificación de crack en donde predomina la corrosión intergranular.
- d. Grietas que en algunos casos contienen magnetita (Fe_3O_4) o en otros casos siderita ($FeCO_3$) generalmente en medios libres de oxígeno.

Cuando se tiene una protección (pintura) es difícil encontrar S.C.C se requieren condiciones especiales como un buen tiempo de servicio y un Yield strenght alto (50 Ksi).

Es difícil distinguir entre S.C.C, e "Hydrogen Bibrittlemen" así:

Corrosión cracking por sulfuros es el resultado de la penetración del hidrogeno atómico.

Entre el acero, que es idéntico a "Hydrogen Embrittlement" (HE).

Una diferencia entre **S.C.C** y **HE** es detectada por análisis de las fases del crack, este test es realizado por fotografía electrónica y se ha comprobado que existe hidrogeno en un crack tipo brittle.

Otra diferencia es que la apariencia del H.E. al exteriorizar en fractura se presenta como una superficie lisa o falta de corrosión.

La mejor forma de minimizar el S.C.C es favoreciendo stress de compresión en tal forma que una simple limpieza de la superficie con chorro a presión puede favorecer la no presentación de S.C.C.

El S.C.C, puede ser intergranular o transgranular dependiendo de la aleación y el tipo de corrosión.

Todo acero de serie 300 es susceptible de S.C.C, y su mayor medio cloruros. Una forma de detener que este ataque de cloruros sea formador de S.C.C. es pasando por un tiempo un gas inerte a través de la tubería y/o vasija. Es decir se remueve la condición corrosiva luego se retira.

Un ejemplo; en un horno la tubería falla por S.C.C, por tanto la tubería que no ha sido afectada, puede estabilizarse con un tratamiento térmico de 24 horas a 1600°F.

Los aceros tipo FERRITICOS son menos susceptibles de S.C.C, que los austeniticos, presentando menor resistencia a ácidos y condensados.

La corrosión localizada es indispensable para la iniciación de S.C.C, los stress aplicados o residuales aceleran o incrementan el S.C.C. El medio que mas favorece el S.C.C, son soluciones que contengan los iones cloruros.

Recomendación si los cloruros necesariamente estarán presentes es recomendable utilizar un inoxidable SS 347, si únicamente están presentes Sulfuros el material recomendado es el SS 410.

Cloruros en concentración de 3ppm, son suficientes para causar S.C.C.

Los cloruros solos producen corrosión transgranular, cuando están presentes cloruros y sulfuros combinados la corrosión es intergranular y transgranular.

Acido fosfórico y acido fluorhídrico la forma de ataque se presenta como corrosión transgranular.

En medios cáusticos se presenta corrosión transgranular.

Los materiales sensitivados son susceptibles de S.C.C en ácidos Politionicos, formado por la reacción de sulfuros de hierro, aire y humedad.

Cuando la temperatura de servicio es entre 800 y 1000°F aun existiendo los elementos estabilizadores como columbio, tantalio o titanio, el carbón libre forma carburos en los límites de grano.

Todo equipo que trabaje con medios Clorados o Ácidos Politionicos debe ser purgado con gas inerte y aire seco antes de abrirse para ser inspeccionado y después de la inspección.

BLISTER

Es un defecto en un metal o cerca a la superficie, resultando de la expansión de un gas en una superficie. Cuando estas cavidades son pequeñas se llaman "Pinheads" o "Peper Blister".

STRESS

Es una fuerza por unidad de área, esta fuerza puede ser dividida entre componentes normal y paralela al plano llamado "Normal Stress". También se dice que Stress es el peso llevado por unidad de sección transversal.

CARGA

Es el peso total llevada por una parte en particular.

EFFECTOS DEL HIDROGENO

El daño por hidrogeno puede manifestarse en forma de descarburizacion, formación de fisuras igual que BLISTER y el EMBRITTLEMENT.

Descarburizacion con ayuda de formación de metano y con temperaturas mayores de 430°F favorecen la entrada del hidrogeno al acero.

Hidrogen Blistering es encontrado donde se trabaja con hidrocarburo que contiene Fluoruros y Sulfuros.

El hidrogeno entra en el acero como un resultado de la corrosión y acumulación de hidrogeno formando cavidades que hacen frágil el acero.

El **H.E** se favorece con "Hard Spot" o áreas duras en los aceros con estructura martensitica.

El hidrogeno atómico presenta difusión y pasa a través del enrejado cristalino causando lo que se llama ataque por Hidrogeno.

Los metales sujetos a este ataque son Aceros de bajo carbón, baja aleación, ferriticos y martensiticos a temperaturas y presiones ambientales.

El ataque por Hidrogeno puede causar tres tipos de daño.

1. Internal Stress con complemento de Embrittlement.
2. Blister y otras formas de rompimiento este ataque es llamado así porque el gas que encierra es 95% hidrogeno y la forma de manifestarse es una vejiga.
3. Descarburizacion y fisuras.

FORMAS DE PRESENTARSE LA CORROSION

- Uniforme o general : Donde la corrosión química o electroquímica actúa uniformemente sobre toda la superficie del metal.
- Corrosión galvánica: Ocurre cuando metales diferentes se encuentran en contacto, ambos metales poseen potenciales eléctricos diferentes lo cual favorece la aparición de un metal como ánodo y otro como cátodo, a mayor diferencia de potencial el material con mas activo será el ánodo.
- Por picadura : Aquí se producen hoyos o agujeros por agentes químicos.
- Intergranular: la que se encuentra localizada en los límites de grano, esto origina pérdidas en la resistencia que desintegran los bordes de los granos.
- Corrosión por esfuerzo: Se refiere a las tensiones internas luego de una deformación en frio.
- Agrietamiento por corrosión bajo tensión (stress corrosión cracking)
- Erosión / corrosión.
- Corrosión Inter cristalina: Es difícil de detectar y ocurre generalmente después de la ruptura.

FACTORES DE CORROSION EN LOS INOXIDABLES

CLORUROS

Aumentan tendencia a picaduras y promueven el agrietamiento por corrosión bajo tensión, sobre todo en los austeníticos

AGENTES CORROSIVOS

El Oxígeno en zonas estancadas, Cloruro Férrico, Cloruro de Mercurio; Atacan en zonas donde se rompe la película pasivadora

VAPOR

Los inoxidables austeníticos resisten hasta 870 °C y los de mayor Cr y Ni hasta 1090 °C

RENDIJAS (INTERSTICIOS)

Debe evitarse en el diseño formas y juntas que generen intersticios (crevices). Estas zonas pueden convertirse en anódicas

POR ÁCIDOS INORGÁNICOS

- Ácido Hidroclorídrico
- Ácido Sulfúrico
- Ácido Nítrico
- Ácido Fosfórico
- Ácido Sulfúrico

POR ÁCIDOS ORGÁNICOS

- Ácido Acético
- Ácido Fórmico
- Ácido Láctico

TASAS DE CORROSIÓN DE INOXIDABLES AUSTENÍTICOS EN ÁCIDO HIDROCLORÍDRICO

Type	Acid concentration, %	Temp. °C (°F)	Exposure phase	Corrosion rate, mm/d (ipy) approx.
302.....	3.6	24 (76)	Liquid	0.00455 (0.065)
302.....	10.3	Room	Liquid	0.00588 (0.084)
302.....	25	24 (76)	Liquid	0.0854 (1.22)
302.....	37	Room	Liquid	0.4662 (6.66)
316.....	Dilute	25 (77)	Vapor	0.000084 (0.0012)(a)
316.....	10	102 (216)	Liquid	0.168 (2.4)
316.....	50	110 (230)	Liquid	2.94 (42.0)

(a) Pitting was 0.005 in. during test.

FASE SIGMA

Es una fase quebradiza o fragilizada que se presenta en aceros tipo inoxidable austenítico. Algunas aleaciones tipo inoxidable austenítico son susceptibles de la formación de un compuesto duro y frágil de hierro y cromo conocida como la fase sigma. Teóricamente no todos los inoxidables austeníticos pueden desarrollar esta fase solo aquellos que contienen un elevado porcentaje de cromo.

Los elementos comunes que promueven la fase sigma son columbium, titanio y tantalum que son usados como estabilizadores de carburos.

El efecto de la fase sigma es manifestada por una disminución de la temperatura y poca resistencia al impacto. Como propiedades físico-mecánicas disminuye la ductilidad y aumenta la dureza.

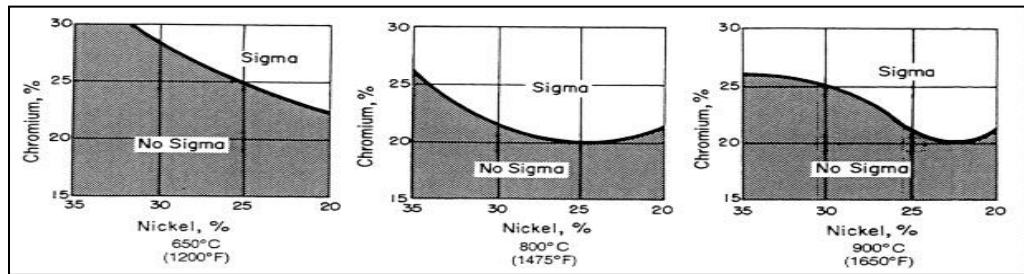
La fase sigma que aparece en contenidos de cromo muy altos, es casi siempre indeseable en los aceros inoxidables porque tiene un efecto adverso sobre la resistencia a la corrosión y la resistencia al choque.

Normalmente un alto contenido de níquel (35%) y tipos 18-8 son inmunes a la formación de la fase sigma. Solo las aleaciones que contienen 20% cromo o más son susceptibles a formación de la fase sigma.

Algunas fundiciones tipo inoxidable del grado 18-8 desarrollan la fase sigma cuando son expuestas a altas temperaturas como resultado de un erróneo balance de elementos

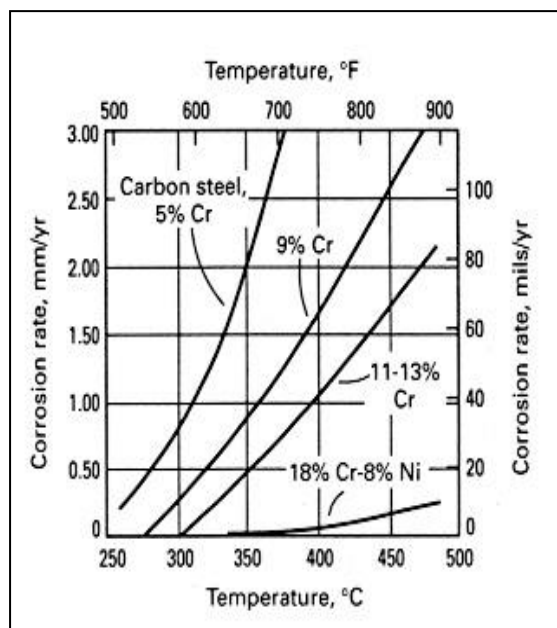
aleantes en la fundición, un tratamiento térmico a temperatura homogénea elimina la posibilidad de formación de dicha fase.

EFFECTO DE LA RELACIÓN NÍQUEL / CROMO EN LA FORMACIÓN DE FASE SIGMA A TRES TEMPERATURAS



TEMPERATURAS MÁXIMAS DE SERVICIO INTERMITENTE Y CONTINUO EN AIRE

AISI type	Maximum service temperature			
	Intermittent service		Continuous service	
	°C	°F	°C	°F
Austenitic grades				
201	815	1500	845	1550
202	815	1500	845	1550
301	840	1545	900	1650
302	870	1600	925	1700
304	870	1600	925	1700
308	925	1700	980	1795
309	980	1795	1095	2000
310	1035	1895	1150	2100
316	870	1600	925	1700
317	870	1600	925	1700
321	870	1600	925	1700
330	1035	1895	1150	2100
347	870	1600	925	1700
Ferritic grades				
405	815	1500	705	1300
406	815	1500	1035	1895
430	870	1600	815	1500
442	1035	1895	980	1795
446	1175	2145	1095	2000
Martensitic grades				
410	815	1500	705	1300
416	760	1400	675	1250
420	735	1355	620	1150
440	815	1500	760	1400



PROTECCION CONTRA LA CORROSION

Los problemas de corrosión pueden ser minimizados mediante diseños óptimos de SISTEMAS DE PROTECCION de tal forma que los costos de mantenimiento sean menores y los factores de servicio de las tuberías y equipos estén dentro de los parámetros de diseño.

La industria del petróleo es desde hace mucho tiempo la mayor consumidora de Inhibidores de corrosión.

Los inhibidores se utilizan tanto en la fase de extracción del crudo como en la destilación o craqueo y en los procesos de refinación.

Dentro de las medidas utilizadas industrialmente para combatir la corrosión están las siguientes:

1. Uso de materiales de gran pureza.
2. Presencia de elementos de adición en aleaciones, ejemplo aceros inoxidables.
3. Tratamientos térmicos especiales para homogenizar soluciones solidas.
4. Recubrimiento superficial pinturas, capas de oxido, recubrimientos metálicos.

Para estos casos el fabricante de las pinturas recomienda una mínima limpieza dependiendo el ambiente externo;

Las limpiezas recomendadas por lo fabricantes de las pinturas son.

SSPC -SP 5 Limpieza grado metal blanco.

SSPC -SP 10 limpieza grado casi blanco

SSPC -SP 6 Limpieza grado comercial.

SSPC -SP 7 Limpieza con chorro BRUSH- OFF

SSPC- SP 8 Limpieza con baño químico.

SSPC- SP 2 Limpieza manual.

SSPC -SP 3 Limpieza mecánica

SSPC -SP 4 Limpieza con llama.

5. Para reducir la corrosión intercrystalina de los inoxidables se debe austenizar las zonas soldadas calentando a 1050°C; mantener la temperatura 1 hora por pulgada de espesor dejar enfriar.

La recomendada para ambientes corrosivos son SSPC- SP 5 y SSPC – SP 6.

El repinte al no tener perfil de anclaje la pintura queda frágil se puede levantar con la uña.

Nota: Por experiencia puedo asegurar que pintura aplicada sobre tubería sin hacerle preparación de superficie ideal como la limpieza con chorro abrasivo grado comercial. La pintura aplicada acelera la corrosión.



Pintura sin adherencia fácil de retirar



Por la parte opuesta se ve metal adherido a la pintura retirada



El metal adherido deja picadura y corrosión

En la inspección realizada a sistema criogénico (Tubería) del K 4102 en la refinería de Barrancabermeja se observó corrosión CUI por falla en la pintura aplicada encontrando los fenómenos mostrados en las fotos de arriba.

PROTECCION CATODICA.

La protección catódica es una técnica de control de la corrosión, que está siendo aplicada cada día con mayor éxito en el mundo entero, en que cada día se hacen necesarias nuevas instalaciones de ductos para transportar petróleo, productos terminados, agua; así como para tanques de almacenamientos, cables eléctricos y telefónicos enterrados y otras instalaciones importantes.

En la práctica se puede aplicar protección catódica en metales como acero, cobre, plomo, latón, y aluminio, contra la corrosión en todos los suelos y, en casi todos los medios acuosos.

De igual manera, se puede eliminar el agrietamiento por corrosión bajo tensiones. por corrosión intergranular, picaduras o ataques generalizados.

Como condición fundamental las estructuras componentes del objeto a proteger y del elemento de sacrificio o ayuda, deben mantenerse en contacto eléctrico e inmerso en un electrolito.

Fundamento de la protección catódica

Luego de analizadas algunas condiciones especialmente desde el punto de vista electroquímico dando como resultado la realidad física de la corrosión, después de estudiar la existencia y comportamiento de áreas específicas como Ánodo-Cátodo- Electrolito y el mecanismo mismo de movimiento de electrones y iones, llega a ser obvio que si cada fracción del metal expuesto de una tubería o una estructura construida de tal forma de coleccionar corriente, dicha estructura no se corroerá porque sería un cátodo.

La protección catódica realiza exactamente lo expuesto forzando la corriente de una fuente externa, sobre toda la superficie de la estructura.

Mientras que la cantidad de corriente que fluye, sea ajustada apropiadamente venciendo la corriente de corrosión y, descargándose desde todas las áreas anódicas, existirá un flujo neto de corriente sobre la superficie, llegando a ser toda la superficie un cátodo.

Para que la corriente sea forzada sobre la estructura, es necesario que la diferencia de potencial del sistema aplicado sea mayor que la diferencia de potencial de las microceldas de corrosión originales.

La protección catódica funciona gracias a la descarga de corriente desde una cama de ánodos hacia tierra y dichos materiales están sujetos a corrosión, por lo que es deseable que dichos materiales se desgasten (se corroan) a menores velocidades que los materiales que protegemos.

Teóricamente, se establece que el mecanismo consiste en polarizar el cátodo, llevándolo mediante el empleo de una corriente externa, más allá del potencial de corrosión, hasta alcanzar por lo menos el potencial del ánodo en circuito abierto, adquiriendo ambos el mismo potencial eliminándose la corrosión del sitio, por lo que se considera que la protección catódica es una táctica de

Polarización catódica.

La protección catódica no elimina la corrosión, éste remueve la corrosión de la estructura a ser protegida y la concentra en un punto donde se descarga la corriente.

Para su funcionamiento práctico requiere de un electrodo auxiliar (ánodo), una fuente de corriente continua cuyo terminal positivo se conecta al electrodo auxiliar y el terminal negativo a la estructura a proteger, fluyendo la corriente desde el electrodo a través del electrolito llegando a la estructura.

Influyen en los detalles de diseño y construcción parámetro de geometría y tamaño de la estructura y de los ánodos, la resistividad del medio electrolito, la fuente de corriente, etc.

Consideraciones de diseño para la protección catódica en tuberías enterradas

La proyección de un sistema de protección catódica requiere de la investigación de características respecto a la estructura a proteger, y al medio.

Respecto a la estructura a proteger

1. Material de la estructura;
2. Especificaciones y propiedades del revestimiento protector (si existe).
3. Características de construcción y dimensiones geométricas;
4. Mapas, planos de localización, diseño y detalles de construcción.
5. Localización y características de otras estructuras metálicas, enterradas o

sumergidas en las proximidades.

6. Información referente a los sistemas de protección catódica, los característicos sistemas de operación, aplicados en las estructuras aledañas.
7. Análisis de condiciones de operación de líneas de transmisión eléctrica en alta tensión, que se mantengan en paralelo o se crucen con las estructuras enterradas y puedan causar inducción de la corriente.
8. Información sobre todas las fuentes de corriente continua, en las proximidades y pueden originar corrosión.
9. Sondeo de las fuentes de corriente alterna de baja y media tensión, que podrían alimentar rectificadores de corriente o condiciones mínimas para la utilización de fuentes alternas de energía.

Respecto al medio

Luego de disponer de la información anterior, el diseño será factible complementando la información con las mediciones de las características campo como:

1. Mediciones de la resistividad eléctrica a fin de evaluar las condiciones de corrosión a que estará sometida la estructura. Definir sobre el tipo de sistema a utilizar; galvánico o corriente impresa y, escoger los mejores lugares para la instalación de ánodos.
2. Mediciones del potencial Estructura-Electrólito, para evaluar las condiciones de corrosividad en la estructura, así mismo, detectar los problemas de corrosión electrolítica.
3. Determinación de los lugares para la instalación de ánodo bajo los siguientes principios:
 - a. Lugares de baja resistividad.
 - b. Distribución de la corriente sobre la estructura.
 - c. Accesibilidad a los sitios para montaje e inspección
4. Pruebas para la determinación de corriente necesaria; mediante la inyección de corriente a la estructura bajo estudio con auxilio de una fuente de corriente continua y una cama de ánodos provisional. La intensidad requerida dividida para área, permitirá obtener la densidad requerida para el cálculo.

Sistemas de protección catódica

Anodo galvánico

Se fundamenta en el mismo principio de la corrosión galvánica, en la que un metal más activo es anódico con respecto a otro más noble, corroyéndose el metal anódico.

En la protección catódica con ánodo galvánicos, se utilizan metales fuertemente anódicos conectados a la tubería a proteger, dando origen al sacrificio de dichos metales por corrosión, descargando suficiente corriente, para la protección de la tubería.

La diferencia de potencial existente entre el metal anódico y la tubería a proteger, es de bajo valor porque este sistema se usa para pequeños requerimientos de corriente, pequeñas estructuras y en medio de baja resistividad.

Características de un ánodo de sacrificio

1. Debe tener un potencial de disolución lo suficientemente negativo, para polarizar la estructura de acero (metal que normalmente se protege) a -0.8 V. Sin embargo el potencial no debe de ser excesivamente negativo, ya que eso motivaría un gasto superior, con un innecesario paso de corriente. El potencial práctico de disolución puede estar comprendido entre -0.95 a -1.7 V.
2. Corriente suficientemente elevada, por unidad de peso de material consumido.
3. Buen comportamiento de polarización anódica a través del tiempo.
4. Bajo costo.

Tipos de ánodos

Considerando que el flujo de corriente se origina en la diferencia de potencial existente entre el metal a proteger y el ánodo, éste último deberá ocupar una posición más elevada en la tabla de potencias (serie electroquímica o serie galvánica).

Los ánodos galvánicos que con mayor frecuencia se utilizan en la protección catódica son: Magnesio, Zinc y Aluminio.

Magnesio: Los ánodos de Magnesio tienen un alto potencial con respecto al hierro y están libres de pasivación. Están diseñados para obtener el máximo rendimiento posible, en su función de protección catódica. Los ánodos de Magnesio son apropiados para oleoductos, pozos, tanques de almacenamiento de agua, incluso para cualquier estructura que requiera protección catódica temporal. Se utilizan en estructuras metálicas enterradas en suelo de baja resistividad hasta 3000 ohm-cm.

Zinc: Para estructura metálica inmersas en agua de mar o en suelo con resistividad eléctrica de hasta 1000 ohm-cm.

Aluminio: Para estructuras inmersas en agua de mar.

Relleno Backfill

Para mejorar las condiciones de operación de los ánodos en sistemas enterrados, se utilizan algunos rellenos entre ellos el de Backfill especialmente con ánodos de Zinc y Magnesio, estos productos químicos rodean completamente el ánodo produciendo algunos beneficios como:

- Promover mayor eficiencia.
- Desgaste homogéneo del ánodo.
- Evita efectos negativos de los elementos del suelo sobre el ánodo.
- Absorben humedad del suelo manteniendo dicha humedad permanente.

La composición típica del Backfill para ánodos galvánicos está constituida por yeso (CaSO_4), bentonita, sulfato de sodio, y la resistividad de la mezcla varía entre 50 a 250 ohm-cm.

Diseño de instalación para ánodo galvánico

Ver esquema del diseño

Características de los ánodos galvánicos

Anodo	Eficiencia	Rendimiento am-hr/kg	Contenido de energía am-hr/kg	Potencial de trabajo (voltio)	Relleno
Zinc	95%	778	820	-1.10	50 % yeso; 50 % bentonita
Magnesio	95%	1102	2204	-1.45 a -1.70	75 % yeso; 20 % bentonita; 5 % SO_4Na_2
Aluminio	95%	2817	2965	-1.10	

Corriente impresa

En este sistema se mantiene el mismo principio fundamental, pero tomando en cuenta las limitaciones del material, costo y diferencia de potencial con los ánodos de sacrificio, se ha ideado este sistema mediante el cual el flujo de corriente requerido se origina en una fuente de corriente generadora continua regulable o simplemente se hace uso de los rectificadores que alimentados por corriente alterna ofrecen una corriente eléctrica continua apta para la protección de la estructura.

La corriente externa disponible es impresa en el circuito constituido por la estructura a proteger y la cama anódica. La dispersión de la corriente eléctrica en el electrolito se efectúa mediante la ayuda de ánodos inertes cuyas características y aplicación dependen del electrolito.

El terminal positivo de la fuente debe siempre estar conectado a la cama de ánodo a fin de forzar la descarga de corriente de protección para la estructura.

Este tipo de sistema trae consigo el beneficio de que los materiales a usar en la cama de ánodos se consumen a velocidades menores, pudiendo descargar mayores cantidades de corriente y mantener una vida más amplia.

En virtud de que todo elemento metálico conectado o en contacto con el terminal positivo de la fuente e inmerso en el electrolito es un punto de drenaje de corriente forzada y por lo tanto de corrosión, es necesario el mayor cuidado en las instalaciones y la exigencia de la mejor calidad en los aislamientos de cables de interconexión

Anodos utilizados en la corriente impresa

Chatarra de hierro: Por su economía es a veces utilizado como electrodo dispersor de corriente. Este tipo de ánodo puede ser aconsejable su utilización en terrenos de resistividad elevada y es aconsejable se rodee de un relleno artificial constituido por carbón de coque. El consumo medio de estos lechos de dispersión de corriente es de 9 Kg/Am*Año

Ferrosilicio: Este ánodo es recomendable en terrenos de media y baja resistividad. Se coloca en el suelo hincado o tumbado rodeado de un relleno de carbón de coque a intensidades de corriente baja de 1 Amp, su vida es prácticamente ilimitada siendo su capacidad máxima de salida de corriente de unos 12 a 15 Amp por ánodo. Su consumo oscila a intensidades de corriente altas, entre 0.5 a 0.9 Kg/Am*Año. Su dimensión más normal es la correspondiente a 1500 mm de longitud y 75 mm de diámetro.

Grafito: Puede utilizarse principalmente en terrenos de resistividad media y se utiliza con relleno de grafito o carbón de coque. Es frágil, por lo que su transporte y embalaje debe ser de cuidado. Sus dimensiones son variables, su longitud oscila entre 1000-2000 mm, y su diámetro entre 60-100 mm, son más ligeros de peso que los ferrosilicios. La salida máxima de corriente es de 3 a 4 amperios por ánodo, y su desgaste oscila entre 0.5 y 1 Kg/Am*Año

Titanio-Platinado: Este material está especialmente indicado para instalaciones de agua de mar, aunque sea perfectamente utilizado en agua dulce o incluso en suelo.

Su característica más relevante es que a pequeños voltajes (12 V), se pueden sacar intensidades de corriente elevada, siendo su desgaste perceptible. En agua de mar tiene, sin embargo, limitaciones en la tensión a aplicar, que nunca puede pasar de 12 V, ya que ha tensiones más elevadas podrían ocasionar el despegue de la capa de óxido de titanio y, por lo tanto la deterioración del ánodo. En aguas dulce que no tengan cloruro pueden actuar estos ánodos a tensiones de 40-50 V.

Fuente de corriente

El rectificador

Es un mecanismo de transformación de corriente alterna a corriente continua, de bajo voltaje mediante la ayuda de diodos de rectificación, comúnmente de selenio o silicio y sistemas de adecuación regulable manual y/o automática, a fin de regular las características de la corriente, según las necesidades del sistema a proteger.

Las condiciones que el diseñador debe estimar para escoger un rectificador son:

1. Características de la corriente alterna disponible en el área (voltios, ciclos, fases).
2. Requerimiento máximo de salida en C.D (Amperios y Voltios).
3. Sistemas de montaje: sobre el piso, empotrado en pared, en un poste.
4. Tipos de elementos de rectificación: selenio, silicio.
5. Máxima temperatura de operación.
6. Sistema de seguridad: alarma, breaker, etc.
7. Instrumentación: Voltímetros y Amperímetros, sistemas de regulación;

Otras fuentes de corrientes

Es posible que habiendo decidido utilizar el sistema de corriente impresa, no se disponga en la zona de líneas de distribución de corriente eléctrica, por lo que sería conveniente analizar la posibilidad de hacer uso de otras fuentes como:

- Baterías, de limitada aplicación por su bajo drenaje de corriente y vida limitada;
- Motores generadores;
- Generadores termoeléctricos.

Medias celdas de referencia

La fuerza electromotriz (FEM) de una media celda como constituye el sistema Estructura-Suelo o independientemente el sistema cama de Anodos-Suelo, es posible medirla mediante la utilización de una media celda de referencia en contacto con el mismo electrólito.

Las medias celdas más conocidas en el campo de la protección catódica son:

- HIDROGENO O CALOMELO(H^+/H_2)
- ZINC PURO (Zn/Zn^{++})
- PLATA-CLORURO DE PLATA($Ag/AgCl$)
- COBRE-SULFATO DE COBRE(Cu/SO_4Cu)

La media celda de Hidrógeno tiene aplicación práctica a nivel de laboratorio por lo exacto y delicado. También existen instrumentos para aplicación de campo constituida por solución de mercurio, cloruro mercurioso, en contacto con una solución saturada de cloruro de potasio que mantiene contacto con el suelo.

La media celda de Zinc puro para determinaciones en suelo, siendo condición necesaria para el uso un grado de pureza de 99.99%, es utilizado en agua bajo presiones que podrían causar problemas de contaminación en otras soluciones y también como electrodos fijos.

La media celda Plata-Cloruro de plata de poco uso pese a ser muy estable, se utilizan especialmente en instalaciones marinas. Más comúnmente utilizados en los análisis de eficiencia de la protección catódica son las medias celdas de Cobre-

Sulfato de cobre debido a su estabilidad y su facilidad de mantenimiento y reposición de solución.

La protección del acero bajo protección catódica se estima haber alcanzado el nivel adecuado cuando las lecturas del potencial-estructura-suelo medidos con las diferentes celdas consiguen los siguientes valores:

ELECTRODO	LECTURA
Ag-AgCl	-0.800V
Cu-SO ₄ Cu	-0.850V
Calomel	-0.77V
Zn puro	+0.25V

Criterios de protección

Cuando se aplica protección catódica a una estructura, es extremadamente importante saber si esta se encontrará realmente protegida contra la corrosión en toda su plenitud.

Varios criterios pueden ser adoptados para comprobar que la estructura en mención está exenta de riesgo de corrosión, basados en unos casos en función de la densidad de corriente de protección aplicada y otros en función de los potenciales de protección obtenidos.

No obstante, el criterio más apto y universalmente aceptado es el de potencial mínimo que debe existir entre la estructura y terreno, medición que se realiza con un electrodo de referencia. El criterio de potencial mínimo se basa en los estudios realizados por el Profesor Michael Pourbaix, en 1939, quién estableció a través de un diagrama de potencial de electrodo Vs pH del medio, un potencial mínimo equivalente a -850 mv con relación al electrodo de referencia cobre-sulfato de cobre, observando una zona definida por la inmunidad del acero.

Los criterios de potencial mínimo de protección que se utilizará es de -850 mv respecto al $\text{Cu}/\text{SO}_4\text{Cu}$ como mínimo y permitiendo recomendar así mismo, un máximo potencial de protección que pueda estar entre los 1200 mv a -1300 mv, sin permitir valores más negativos, puesto que se corre el riesgo de sobre protección que afecta de sobre manera al recubrimiento de la pintura, ya que hay riesgos de reacción catódica de reducción de hidrógeno gaseoso que se manifiesta como un ampollamiento en la pintura.

Resistividad del suelo

Cuando se diseña protección catódica o simplemente cuando se estudia la influencia de la corrosión en un medio en el cual se instalará equipos o se tenderá una línea, es necesario investigar las características del medio, entre estas características relacionada directamente con el fenómeno corrosivo se encuentra la resistividad del medio.

La resistividad es la recíproca de la conductividad o capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica. En la práctica se ejecutan medidas de resistencia de grandes masas de material y se calcula un valor promedio para el mismo.

Las áreas de menor resistividad son las que tienden a crear zonas anódicas en la estructura, pero así mismo son las zonas más aptas para instalación de las camas de ánodos.

En la práctica se realiza esta medida empleando un voltímetro y un amperímetro o bien instrumentos especiales como el Vibro-Graund complementados mediante un equipo de cuatro picas o electrodo directamente en el campo y mediante el Soil Box en laboratorio.

Cuando se ejecuta en el campo, el método consiste en introducir en el suelo 4 electrodos separados por espaciamientos iguales, los espaciamientos representan la profundidad hasta lo que se desea conocer la resistividad este espaciamiento se lo representa con (d).

Se calcula la resistividad aplicando la siguiente fórmula:

$$rs = 2 \cdot 3.1416 \cdot d \cdot \text{Resistencia.}$$

Resistividad ohm-cm	Características
bajo 900	Muy corrosivo
900 a 2300	Corrosivo
2300 a 5000	Moderadamente corrosivo
5000 a 10000	Medio corrosivo
Sobre 10000	Menos corrosivo

QUE ES UN TUBO O PIPE

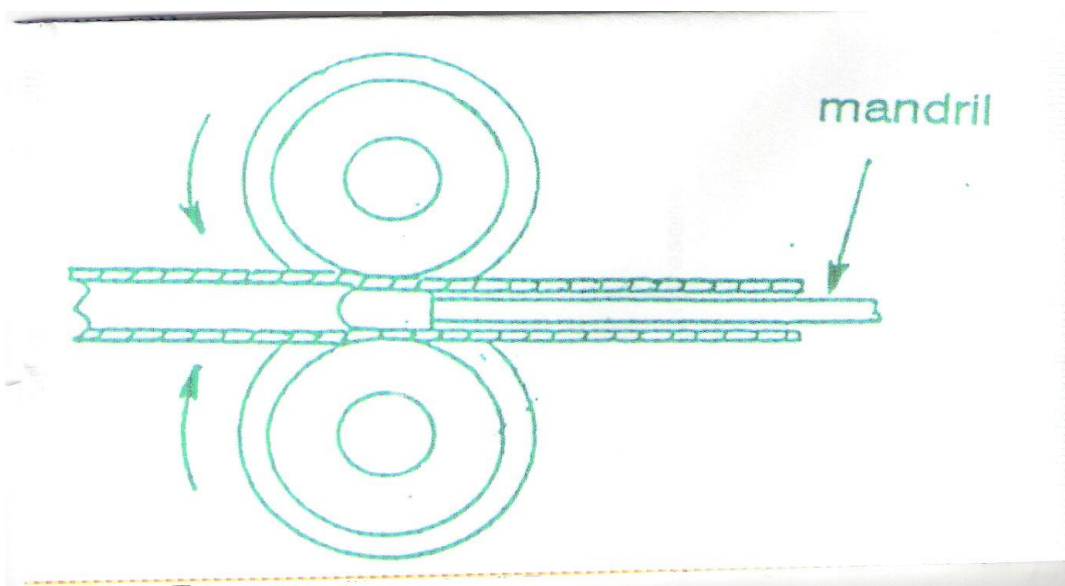
TUBO (PIPE): Se refiere a un cilindro sometido a presión usado para transportar un fluido o para transmitir una presión de fluido y es ordinariamente designado "tubo" el diámetro es medido en su interior sin embargo en tuberías diámetros mayores a 12" el diámetro es medido externamente.

TUBO (TUBE) En especificaciones del material es aplicable a tubería de intercambiadores y calderas el diámetro es medido externamente.

Los tubos son fabricados con costura o sin costura

FABRICACION DE TUBOS SIN COSTURA

Son fabricados a partir de un lingote o barra perforada en caliente con mandril.



FABRICACION DE TUBERIAS CON COSTURA

Tuberías con costura se fabrican a partir del rolado de lámina

TIPOS DE PROCESO DE SOLDADURA EMPLEADOS EN LA FABRICACION DE TUBOS CON COSTURA

- Soldado por fusión eléctrica
- Soldado por resistencia eléctrica
- Soldadura de arco sumergido doble
- Soldadura por electro fusión

DISCONTINUIDADES EN LA FABRICACIÓN DE TUBOS SIN COSTURA:

La fabricación de tubo sin costura se obtiene bajo el proceso de punzado-laminado. en este tipo de tubo es común el estirado (reducción del diámetro y el espesor del tubo).

Las discontinuidades más comunes son:

Pegostes (slugs): Se producen por metal acumulado (en el mandril o penetrador), que luego se adhiere a la superficie interna del tubo.

Costuras o Cordeles: Provenientes de los tochos que sirven de materia prima para la fabricación de los tubos

Rasgaduras: Causadas por la fricción generada entre el mandril y la superficie interna del tubo

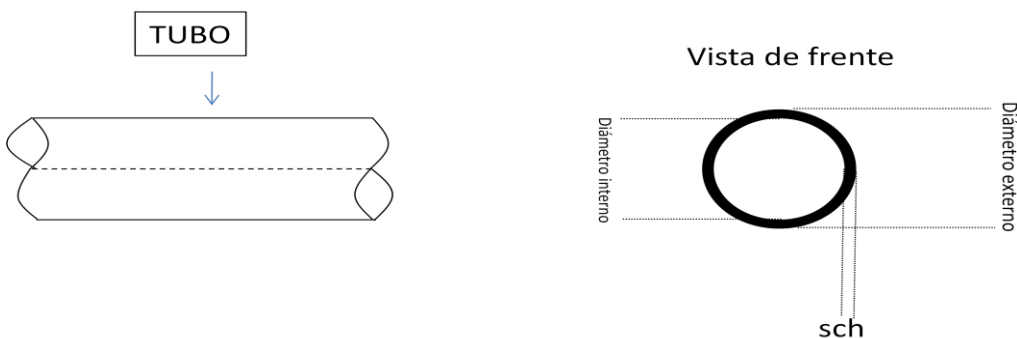
Por las discontinuidades en el momento de su fabricación el fabricante de los tubos sin costura da un mas o menos al espesor nominal **VER TABLA X 2.1 ASME SECCION IIA PARA TUBERIA ACERO AL CARBONO.**

Ø NOMINAL	MÁX	MÍN
2,5" y menor	20%	-12,50%
3" - 3 ½"	16%	-12,50%
4" - 18"	15%	-12,50%
20" y MAYORES	17%	-10%

PARA TUBERIAS ACERO INOXIDABLE ASTM A 312

DIAMETRO	OVER	UNDER
1/8" A 2½"	+ 20%	- 12,5%
3" A 18"	+22,5%	-12,5%
20" Y MAYORES	+17,5%	-12,5%

Para los accesorios ver ASME B 16.9; los accesorios se pueden encontrar hasta con 87.5% más de el espesor nominal.



Espesor o sch = diferencia entre diámetro externo - diámetro interno

ESPESORES DE TUBERIA EN PULGADAS SHEDULE														
DIAMETRO NOMINAL	5	10	20	30	40	STD	60	80	XS	100	120	140	160	XXS
1/8	0,035	0,049	X	X	0,068	0,068	X	0,095	0,095	X	X	X	X	X
1/4	0,049	0,065	X	X	0,088	0,088	X	0,119	0,119	X	X	X	X	X
3/8	0,049	0,065	X	X	0,091	0,091	X	0,126	0,126	X	X	X	X	X
1/2	0,065	0,083	X	X	0,109	0,109	X	0,147	0,147	X	X	X	0,187	0,294
3/4	0,065	0,083	X	X	0,113	0,113	X	0,154	0,154	X	X	X	0,218	0,308
1	0,065	0,109	X	X	0,133	0,133	X	0,179	0,179	X	X	X	0,25	0,358
1 1/4	0,065	0,109	X	X	0,145	0,145	X	0,2	0,2	X	X	X	0,281	0,4
2	0,065	0,109	X	X	0,154	0,154	X	0,218	0,218	X	X	X	0,343	0,436
2 1/2	0,083	0,12	X	X	0,203	0,203	X	0,276	0,276	X	X	X	0,375	0,552
3	0,083	0,12	X	X	0,216	0,216	X	0,3	0,3	X	X	X	0,437	0,6
3 1/2	0,083	0,12	X	X	0,226	0,226	X	0,318	0,318	X	X	X	X	0,636
4	0,083	0,12	X	X	0,237	0,237	0,281	0,337	0,337	X	0,437	X	0,531	0,674
5	0,109	0,134	X	X	0,258	0,258	X	0,375	0,375	X	0,5	X	0,625	0,75
6	0,109	0,134	X	X	0,28	0,28	X	0,432	0,432	X	0,562	X	0,718	0,864
8	0,109	0,148	0,25	0,277	0,322	0,322	0,406	0,5	0,5	0,593	0,718	0,812	0,906	0,875
10	0,134	0,165	0,25	0,307	0,365	0,365	0,5	0,593	0,5	0,718	0,843	1	1,125	X
12	0,165	0,18	0,25	0,33	0,406	0,375	0,562	0,687	0,5	0,843	1	1,125	1,312	X
14	X	0,25	0,312	0,375	0,437	0,375	0,593	0,75	0,5	0,937	1,093	1,25	1,406	X
16	X	0,25	0,312	0,375	0,5	0,375	0,656	0,843	0,5	1,031	1,218	1,437	1,593	X
18	X	0,25	0,312	0,437	0,562	0,375	0,75	0,937	0,5	1,156	1,375	1,562	1,781	X
20	X	0,25	0,375	0,5	0,593	0,375	0,812	1,031	0,5	1,28	1,5	1,75	1,968	X
22	X	0,25	0,375	0,5	X	0,375	0,875	1,125	0,5	1,375	1,625	1,875	2,125	X
24	X	0,25	0,375	0,562	0,687	0,375	0,968	1,218	0,5	1,531	1,812	2,062	2,343	X
26	X	0,312	0,5	X	X	0,375	X	X	0,5	X	X	X	X	X
28	X	0,312	0,5	0,625	X	0,375	X	X	0,5	X	X	X	X	X
30	X	0,312	0,5	0,625	X	0,375	X	X	0,5	X	X	X	X	X
32	X	0,312	0,5	0,625	0,688	0,375	X	X	0,5	X	X	X	X	X
34	X	0,344	0,5	0,625	0,688	0,375	X	X	0,5	X	X	X	X	X
36	X	0,312	0,5	0,625	0,75	0,375	X	X	0,5	X	X	X	X	X
38	X	X	X	X	X	0,375	X	X	0,5	X	X	X	X	X
40	X	X	X	X	X	0,375	X	X	0,5	X	X	X	X	X
42	X	X	X	X	X	0,375	X	X	0,5	X	X	X	X	X
48	X	X	X	X	X	0,375	X	X	0,5	X	X	X	X	X

RANGO DE ESPESORES EN PULGADAS QUE PODEMOS ENCONTRAR EN TUBERIAS NUEVAS SIN COSTURA DIAMETROS MAS UTILIZADOS											
SCH											
DIAMETRO	20	30	40	STD	60	80	100	120	140	160	XXS
2"			0,135" 0,184"	0,135" 0,184"		0,191" 0,261"				0,301"- 0,411"	0,382" 0,523"
3"			0,189" 0,250"	0,189" 0,250"		0,263" 0,348"				0,383" 0,506"	0,525" 0,696"
4"			0,208" 0,274"	0,208" 0,274"	0,246" 0,321"	0,295" 0,390"		0,383" 0,506"		0,465" 0,616"	0,590" 0,781"
6"			0,245" 0,322"	0,245" 0,322"		0,378" 0,496"		0,492" 0,646"		0,629" 0,825"	0,756" 0,993"
8"	0,219" 0,287"	0,243" 0,318	0,282" 0,370"	0,282" 0,370"	0,356" 0,466"	0,438" 0,575"	0,519" 0,681"	0,629" 0,825"	0,711"- 0,933"	0,793" 1,041"	0,766" 1,006"
10"	0,219" 0,287"	0,269" 0,353"	0,320"- 0,419"	0,320" 0,419"	0,438" 0,575"	0,519" 0,681"	0,629" 0,825"	0,738" 0,969"	0,875" 1,150"	0,985" 1,293"	
12"	0,219" 0,287"	0,289" 0,379"	0,356" 0,466"	0,329" 0,431"	0,492" 0,646"	0,602" 0,790"	0,738" 0,969"	0,875" 1,150"	0,985" 1,293"	1,476" 1,508"	
14"	0,273" 0,358"	0,329" 0,431"	0,383" 0,502"	0,329" 0,431"	0,519" 0,681"	0,657" 0,862"	0,820" 1,077"	0,957" 1,256"	1,094" 1,437"	1,231" 1,616"	
16"	0,273" 0,358"	0,329" 0,431"	0,438" 0,575"	0,329" 0,431"	0,574" 0,754"	0,738" 0,969"	1,159" 1,085"	1,370"- 1,400	1,258" 1,652"	1,394" 1,831"	
18"	0,273" 0,358"	0,383" 0,502"	0,492" 0,646"	0,329" 0,431"	0,657" 0,862"	0,820" 1,077"	1,012" 1,329"	1,204" 1,581"	1,367" 1,796"	1,559" 2,048"	
20"	0,338" 0,438"	0,450" 0,585"	0,534" 0,693"	0,338" 0,438"	0,731" 0,933"	0,928" 1,206"	1,152 " 1,497"	1,350" 1,755"	1,575" 2,047"	1,772" 2,302"	

ESPESORES DE TUBERIA EN MILIMETROS

DIAMETRO NOMINAL PULG	5	10	20	30	40	STD	60	80	XS	100	120	140	160	XMS	DIA EXT
1/8"	0,889	1,245	X	X	1,727	1,727	X	2,413	2,413						10,287
1/4"	1,245	1,661	X	X	2,235	2,235	X	3,023	3,023						13,716
3/8"	1,245	1,661	X	X	2,311	2,311	X	3,2	3,2						17,145
1/2"	1,661	2,108	X	X	2,769	2,769	X	3,734	3,734						21,336
3/4"	1,661	2,108	X	X	2,87	2,87	X	3,912	3,912				4,75	7,468	26,67
1"	1,661	2,769	X	X	3,378	3,378	X	4,547	4,547				5,537	7,823	33,401
1 1/4"	1,661	2,769	X	X	3,683	3,683	X	5,08	5,08				6,35	9,093	48,26
2"	2,108	3,048	X	X	3,912	3,912	X	5,537	5,537				7,137	10,16	60,235
2 1/2"	2,108	3,048	X	X	5,166	5,166	X	7,01	7,01				8,712	11,074	73,025
3"	2,108	3,048	X	X	5,486	5,486	X	7,62	7,62				9,525	14,021	88,9
3 1/2"	2,108	3,048	X	X	5,74	5,74	X	8,077	8,077				11,1	15,24	101,6
4"	2,108	3,048	X	X	6,02	6,02	7,137	8,66	8,66		11,1		13,487	17,12	141,3
5"	2,769	3,404	X	X	6,553	6,553	X	9,525	9,525		12,7		15,875	19,05	168,275
6"	2,769	3,404	X	X	7,112	7,112	X	10,973	10,973		14,275		18,237	21,946	219,075
8"	2,769	3,404	6,35	7,036	8,179	8,179	10,312	12,7	12,7	15,062	18,237	20,625	23,012	22,225	273,05
10"	3,404	4,191	6,35	7,798	9,271	9,271	12,7	15,062	12,7	18,237	21,412	25,4	28,575		322,85
12"	4,191	4,572	6,35	8,382	10,312	9,525	14,275	17,45	12,7	21,412	25,4	28,575	35,712		355,6
14"	X	6,35	7,925	9,525	11	9,525	15,062	19,05	12,7	23,8	27,762	31,75	40,462		406,4
16"	X	6,35	7,925	9,525	12,7	9,525	16,662	21,412	12,7	26,837	30,937	36,5	45,237		457,2
18"	X	6,35	7,925	11	14,275	9,525	19,05	23,8	12,7	29,362	34,925	44,45	49,987		508
20"	X	6,35	9,525	12,7	15,062	9,525	20,625	26,187	12,7	35,512	38,1	47,625	53,975		558,8
22"	X	6,35	9,525	12,7	X	9,525	22,225	28,575	12,7	34,925	41,275	52,375	59,512		609,6
24"	X	6,35	9,525	14,275	17,45	9,525	24,587	30,937	12,7	38,837	46,025				660,4
26"	X	7,925	12,7	X	X	9,525	X		12,7						711,2
28"	X	7,925	12,7	15,075	X	9,525	X		12,7						762
30"	X	7,925	12,7	15,075	X	9,525	X		12,7						812,8
32"	X	7,925	12,7	15,075	17,475	9,525	X		12,7						863,6
34"	X	8,738	12,7	15,075	17,475	9,525	X		12,7						914,4
36"	X	7,925	12,7	15,075	19,05	9,525	X		12,7						965,2
38"	X	X	X	X	X	9,525	X		12,7						1016
40"	X	X	X	X	X	9,525	X		12,7						1066,8
42"	X	X	X	X	X	9,525	X		12,7						1219,2
48"	X	X	X	X	X	9,525	X		12,7						

RANGO DE ESPESORES EN MILIMETROS QUE PODEMOS ENCONTRAR EN TUBERIAS NUEVAS SIN COSTURA DIAMETROS MAS UTILIZADOS											
SCH											
DIAMETRO	20	30	40	STD	60	80	100	120	140	160	XXS
2"			3.429 4.673	3.429 4.673		4.851 6.629				7.64 10.439	9.702 13.284
3"			4.800 6.35	4.800 6.35		6.680 8.839				9.728 12.852	13.335 17.678
4"			5.283 6.959	5.283 6.959	6.248 8.153	7.493 9.906		9.728 12.852		11.811 15.646	14.986 19.837
6"			6.223 8.178	6.223 8.178		9.601 12.598		12.496 16.408		15.976 20.955	19.202 25.222
8"	5.562 7.289	6.172 8.077	7.162 9.398	7.162 9.398	9.042 11.836	11.125 14.605	13.182 17.297	15.976 20.955	18.059 23.698	29.142 36.441	19.456 25.552
10"	5.562 7.289	6.832 8.966	8.128 10.642	8.128 10.642	11.125 14.605	13.182 17.297	15.976 20.955	18.745 24.612	22.225 29.21	25.019 32.842	
12"	5.562 7.289	7.340 9.626	9.042 11.836	8.356 10.947	12.496 16.408	15.290 20.066	18.745 24.612	22.225 29.21	25.019 32.842	37.490 38.303	
14"	6.934 9.093	8.356 10.947	9.728 12.750	8.356 10.947	13.182 17.297	16.687 21.894	20.828 27.355	24.307 31.902	27.787 36.499	31.267 41.046	
16"	6.934 9.093	8.356 10.947	11.125 14.605	8.356 10.947	14.579 19.151	18.745 24.612	29.438 37.559	34.798 43.156	31.953 41.960	35.407 46.507	
18"	6.934 9.093	9.728 12.750	12.496 16.408	8.356 10.947	16.687 21.894	20.828 27.355	25.704 33.756	30.581 40.157	34.721 45.618	39.598 52.019	
20"	8.585 11.125	11.43 14.859	13.563 17.602	8.585 11.125	18.567 23.698	23.571 30.632	29.260 38.023	34.29 44.577	40.005 51.993	45.008 58.470	

QUE SON COMPONENTES DE TUBERÍA (ACCESORIOS) DE TUBERIA

Son las piezas que se unen al tubo para poder fabricar un circuito de tubería

PRINCIPALES COMPONENTES (ACCESORIOS) DE TUBERIA

CODO: Vienen en dos radios radio largo o radio corto de 45° y 90°. pueden ser para soldar a tope o para soldar en filete.

Cuando son para soldar a tope se consiguen como ASTM WPB en diámetro 2" y mayores.

Cuando son para soldar a filete o socket welder se consiguen como ASTM A 105 diámetros 2" y menores.

TEES: Se utiliza cuando se requiere unir un flujo diferente a una línea.

CAP: Es utilizada cuando se requiere finalizar un circuito.

REDUCCION: Se utiliza para unir un tubo de mayor diámetro con un tubo de menor diámetro.

Estos accesorios se consiguen para soldar a tope, para soldar en filete o roscados.

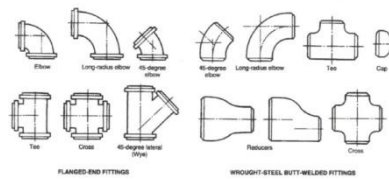
BRIDAS: Son utilizadas para unir tubería y otros componentes a los equipos de proceso.

VALVULAS: Se utilizan para dejar pasar el fluido o detenerlo.

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

EN LA IMAGEN SE OBSERVAN ALGUNOS COMPONENTES DE TUBERIA CODOS, TEES, CAP
LOS MAS USADOS.



Figures 9—Flanged End Fittings and Wrought Steel Butt-Welded Fittings

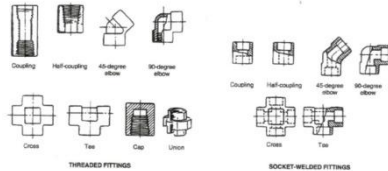


Figure 10—Forged Steel Threaded and Socket-Welded Fittings

Nota: Para la consecución de los accesorios para soldar a tope se debe determinar el sch o cedula
Para la consecución de los accesorios para soldar en filete se debe determinar el rating.

BRIDAS

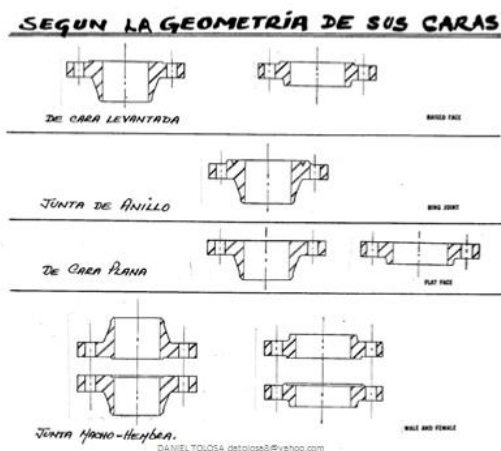
Para la consecución de las bridas se debe determinar:

EL RATING: 150 #-300#-600-1500# 2500#. Son las mas usadas en Refinería.

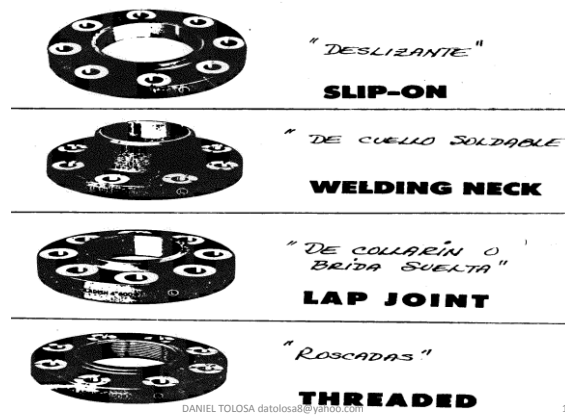
GEOMETRIA DE SUS CARAS: CARA LEVANTADA, CARA PLANA, RING JOINT

POR LA FORMA DE FIJACION: SLIP-ON, WELDIN NECK, LAP JOINT , DE

COLLARIN O BRIDA SUELTA Y ROSCADA.

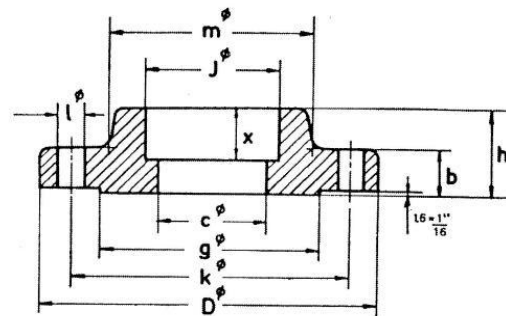


POR LA FORMA DE FIJACION



19

BRIDA SOKKET WELDER

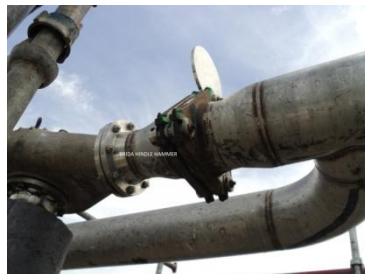


EXISTE TAMBIEN UN TIPO DE BRIDA LLAMADO HINDLE HAMMER QUE ES UTILIZADO EL LINEAS DE GASES A LA TEA

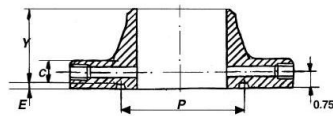
DANIEL TOLOSA datolosa8@yahoo.com

20

BRIDA HINDLE HAMMER



BRIDA DE ORIFICIO
TRABAJA DE A PAR



Ring Type Joint

DANIEL TOLOSA datolosa8@yahoo.com

21

BRIDAS DE ORIFICIO

Las bridas de orificio son utilizadas para la medición de flujo; entre las dos bridas se instala el medidor de flujo o platina de Orificio este es un elemento muy simple, consiste en un agujero cortado en el centro de una placa intercalada en la tubería. El paso del fluido a través del orificio, cuya área es constante y menor que la sección transversal del conducto cerrado, se realiza con un aumento apreciable de la velocidad (energía cinética) a expensa de una disminución de la presión estática (caída de presión). Por esta razón se le clasifica como un medidor de área constante y caída de presión variable.

El medidor o platina de orificio generalmente es de material inoxidable; el orificio y el espesor de la platina es estandarizado dependiendo diámetro del tubo; la tabla siguiente indica el espesor de la platina dependiendo del diámetro del tubo y lamina inoxidable SS316.

La siguiente imagen nos muestra como es la platina de orificio

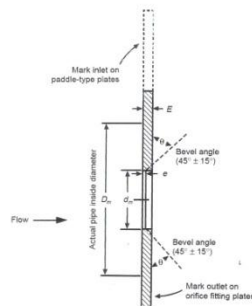


Figure 2-1—Symbols for Orifice Plate Dimensions

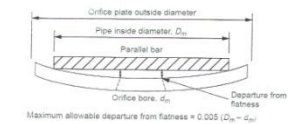


Figure 2-2a—Orifice Plate Departure from Flatness
(Measured at Edge of Orifice Bore and Within Inside Pipe Diameter)

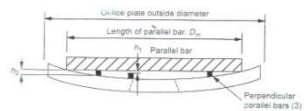


Figure 2-2b—Alternative Method for Determination of Orifice Plate Departure from Flatness
(Departure from Flatness = $h_2 - h_1$)

La siguiente imagen nos muestra como va colocada en el tubo y la unión bridada

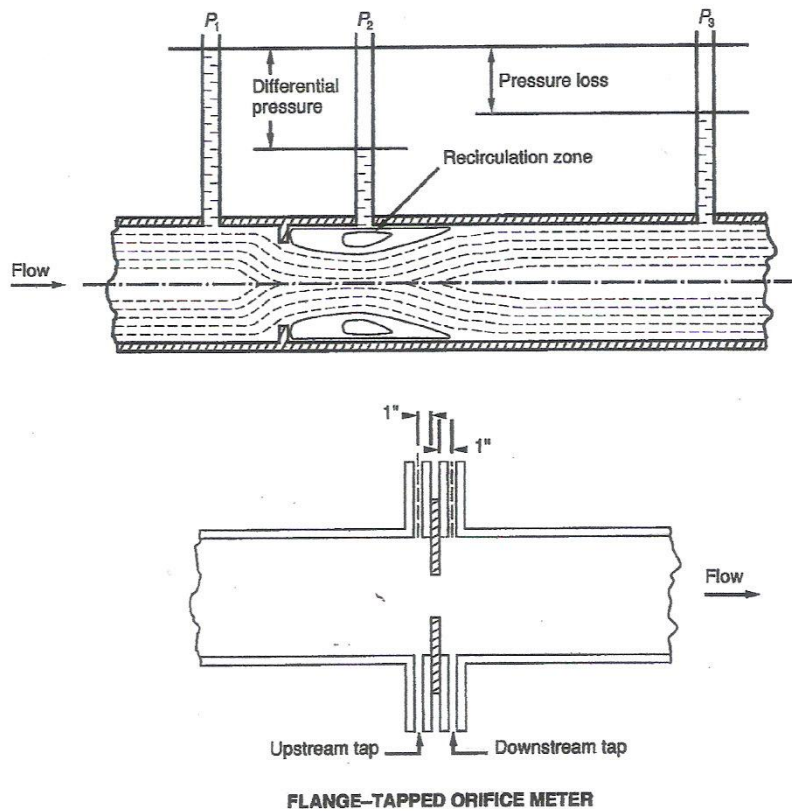


Figure 1-2—Orifice Tapping Location

En el ASME MFC-3M se dan la forma para cálculo de los orificios.

ISA RP 3.2 medidas para platinas de orificio.

La norma para la inspección de las platinas de orificio es

API 14.3.1 Manual of petroleum measurement standard

API 14.3.2 Manual of petroleum measurement standard

API 14.3.3 Manual of petroleum measurement standard

API 14.3.4 Manual of petroleum measurement standard

LA TABLA DE ABAJO NOS MUESTRA EL DIAMETRO DEL ORIFICIO DE LA PLATINA
DEPENDIENDO DIAMETRO DE LA TUBERIA

Table 2-3—Orifice Plate Thickness and Maximum Allowable Differential Pressure Based on the Structural Limit

Nominal Pipe Size (NPS)	Published Inside Pipe Diameter (inches)	Orifice Plate Thickness, E (inches)			Maximum Allowable ΔP ("H ₂ O)	Maximum Allowable ΔP ("H ₂ O)
		Minimum	Maximum	Recommended	Orifice Fitting	Orifice Flanges
2	1.687	0.115	0.130	0.125	1000	1000
	1.939	0.115	0.130	0.125	1000	1000
	2.067	0.115	0.130	0.125	1000	1000
3	2.300	0.115	0.130	0.125	1000	1000
	2.624	0.115	0.130	0.125	1000	1000
	2.900	0.115	0.130	0.125	1000	1000
4	3.068	0.115	0.130	0.125	1000	1000
	3.152	0.115	0.130	0.125	1000	1000
	3.438	0.115	0.130	0.125	1000	1000
6	3.826	0.115	0.130	0.125	1000	1000
	4.026	0.115	0.130	0.125	1000	1000
	4.897	0.115	0.163	0.125	345	1000
8	5.187	0.115	0.163	0.125	345	1000
	5.761	0.115	0.192	0.125	345	1000
	6.065	0.115	0.192	0.125	345	1000
10	7.625	0.115	0.254	0.250	1000	1000
	7.981	0.115	0.319	0.250	1000	1000
	8.071	0.115	0.319	0.250	1000	1000
12	9.562	0.115	0.319	0.250	570	1000
	10.020	0.115	0.319	0.250	570	1000
	10.136	0.115	0.319	0.250	570	1000
16	11.374	0.175	0.379	0.250	285	1000
	11.938	0.175	0.398	0.250	285	1000
	12.090	0.175	0.398	0.250	285	1000
20	14.688	0.175	0.490	0.375	465	1000
	15.000	0.175	0.500	0.375	465	1000
	15.025	0.175	0.500	0.375	465	1000
24	18.812	0.240	0.505	0.375	235	1000
	19.000	0.240	0.505	0.375	235	1000
	19.250	0.240	0.505	0.375	235	1000
30	22.624	0.240	0.505	0.500	360	1000
	23.000	0.240	0.562	0.500	360	1000
	23.250	0.240	0.562	0.500	360	1000
36	28.750	0.370	0.562	0.500	180	1000
	29.000	0.370	0.578	0.500	180	1000
	29.250	0.370	0.578	0.500	180	1000

Notes:

1. Maximum allowable differential pressure is limited to 1,000 inches of water column, which is the limit of the coefficient of discharge database. For further details on the limit of maximum allowable differential pressure, please refer to the text in 2.4.5.
2. Maximum allowable differential pressure is calculated for worst-case diameter ratio (typically $\beta = 0.55 - 0.65$). Other diameter ratios may be able to go to higher differential pressures (see Appendix 2-E).
3. The maximum differential pressure applies to stainless steel plates at a maximum temperature of 150° F. and for the recommended plate thickness.
4. Maximum allowable differential pressure for other plate thicknesses refer to Appendix 2-E.
5. For single- or dual-chamber fittings, the orifice plate seal ring was assumed to deflect under axisymmetric conditions without plastic deformation. As such, the effect on the seal ring was not investigated.
6. Especially at very high differential pressures, the user should carefully consider the associated thermodynamic effects, such as temperature changes resulting from the Joule-Thompson effect as the stream passes through the orifice, and the limits on $\Delta P/P_f$ in particular, at low pressures. The sudden reduction of pressure will result in temperature and density changes.

Para seleccionar las platinas de orificio se tienen en cuenta las siguientes variables:

CAUDAL A MANEJAR

VISCOSIDAD CINEMÁTICA DEL FLUIDO

DENSIDAD DEL FLUIDO

DIFERENCIAL DE PRESION REQUERIDO

DIAMETRO NOMINAL DE LA TUBERIA

SCHEDULE DE LA TUBERIA

EMPAQUES

Son utilizadas para instalar entre las dos bridas con el fin de impedir salida de líquido entre ellas.

NOTA:

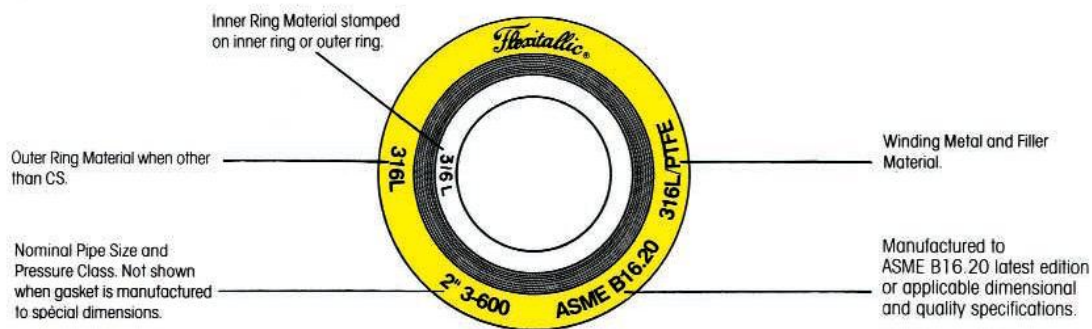
PARA LA CONSECUENCIA DE LAS EMPACADURAS PARA BRIDAS REMITIRSE AL **ASME B 16.20**

El empaque a instalar depende de la cara de la brida y fluido transportado:

Para bridas cara plana que generalmente se utiliza para transporte de agua se utiliza empackadura DURABLE .

Para uniones bridadas que transportan acido es utilizado el TEFLON

Para bridas cara levantada el empaque a instalar es ESPIROTALICO .ver imagen.



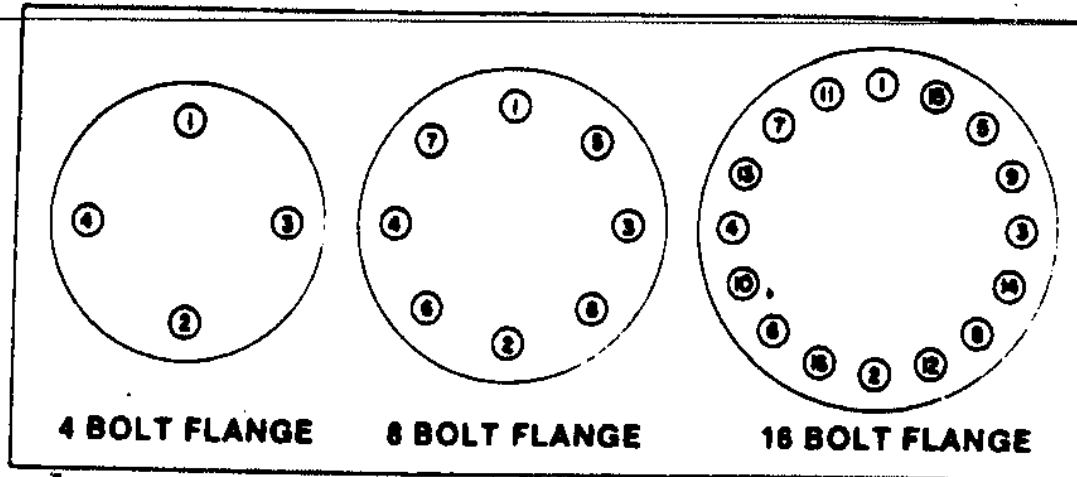
Dependiendo el material se identifican con los siguientes colores adoptados por API 601

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

WINDING MATERIAL				FILLER MATERIAL	
Carbon Steel	Silver	Titanium	Purple	Flexite Super	Pink
304SS	Yellow	Alloy 20	Black	Flexicarb (Graphite)	Gray
316LSS	Green	Hast. B	Brown	Blue Dyed Asb	None
347SS	Blue	Hast. C	Beige	PTFE	White
321SS	Turquoise	Inc 600	Gold	Ceramic	Light Green
Monel	Orange	Incoloy	White		
Nickel 200	Red				

El apriete de los espárragos se hace siguiendo una secuencia ver imagen



SKETCH 1 - BOLT TIGHTENING SEQUENCE

El apriete se hace de acuerdo con un torque .

NOMINAL DIAMETER OF BOLT (Inches)	NUMBER OF THREADS (Per Inch)	DIAMETER AT ROOT OF THREAD (Inches)	AREA AT ROOT OF THREAD Sq. Inch	STRESS					
				30,000 PSI		45,000 PSI		60,000 PSI	
				Torque Ft/Lbs	Compression Lbs.	Torque Ft/Lbs	Compression Lbs.	Torque Ft/Lbs	Compression Lbs.
1/4	20	.185	.027	4	810	6	1215	8	1620
5/16	18	.240	.045	8	1350	12	2025	16	2700
3/8	16	.294	.068	12	2040	18	3060	24	4080
7/16	14	.345	.093	20	2790	30	4185	40	5580
1/2	13	.400	.126	30	3780	45	5670	60	7560
9/16	12	.454	.162	45	4860	68	7290	90	9720
5/8	11	.507	.202	60	6060	90	9090	120	12120
3/4	10	.520	.302	100	9060	150	13590	200	18120
7/8	9	.573	.419	160	12570	240	18855	320	25140
1	8	.638	.551	245	16530	368	24795	490	33060
1-1/8	8	.963	.728	355	21840	533	32760	710	43680
1-1/4	8	1.088	.929	500	27870	750	41805	1000	55740
1-3/8	8	1.213	1.155	680	34650	1020	51975	1360	69300
1-1/2	8	1.338	1.405	800	42150	1200	63225	1600	84300
1-5/8	8	1.463	1.680	1100	50400	1650	75600	2200	100800
1-3/4	8	1.588	1.980	1500	59400	2250	89100	3000	118800
1-7/8	8	1.713	2.304	2000	69120	3000	103680	4000	138240
2	8	1.838	2.652	2200	79560	3300	119340	4400	159120
2-1/4	8	2.088	3.423	3180	102690	4770	154035	6360	205380
2-1/2	8	2.338	4.292	4400	128760	6600	193140	8800	257520
2-3/4	8	2.588	5.259	5920	157770	8880	236655	11840	315540
3	8	2.838	6.324	7720	189720	11580	284580	15440	379440

La información anterior sobre los empaques espirotalicos fue tomada de

FLEXITALLIC GASKET COMPANY

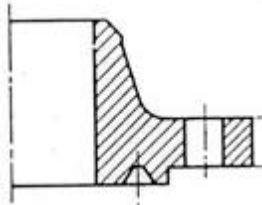
INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

BRIDA RIN JOINT

Para bridas con junta de anillo se requiere instalar empaque Ring Joint; el Ring Joint viene con un número de identificación dependiendo el rating de las bridas.

PARA LA CONSECUION DE LOS EMPAQUES RING JOINT TENER PRESENTE



BRIDA RING JOINT

MAXIMUM HARDNESS FOR RING GASKETS

Maximum Hardness

~ ~ ~

Ring Gasket Material	Brinell	Rockwell "B" Scale
Soft iron (1)	90	56
Low-carbon steel	120	68
4-6 chrome ½ Mo	130	72
Type 410	170	86
Type 304	160	83
Type 316	160	83
Type 347	160	83

RING GASKET MARKINGS

Ring Gasket Material	Identification	Marking Example (1)
Soft iron 12)	D	R51D
Low-carbon steel	S	R51S
4-6 chrome ½, Mo	F5 (3)	R51F5
Type 410	S 410	R51S410
Type 304	S 304	R51 S304
Type 316	S 316	R51S316
Type 347	s 347	R51S347

NOTAS:

(1) This number shall be preceded by the manufacturer's name or identification trademark.

(2) May be low-carbon steel, not to exceed maximum hardness of 90 Brinell-56 Rockwell "B."

(3) F5 identification designates ASTM Specification A 182-72 chemical composition requirements only.

TABLA DE EMPAQUES PARA BRIDAS RING JOINT SEGÚN ASME B 16.5

RING NUMBER	DIAMETRO	RAITING
R-11	1/2"	150-300-600
R-12	1/2"	900-1500
R-13	3/4"	300-600
R-13	1/2"	2500
R-14	3/4"	900-1500
R-15	1"	150
R-16	1"	300-600-900-1500
R-16	3/4"	2500
R-17	1 1/4"	150
R-18	1 1/4"	300-600-900-1500
R-18	1"	2500
R-19	1 1/2"	150
R-20	1 1/2"	300-600-900-1500
R-21	1 1/4"	2500
R-22	2"	150
R-23	2"	300-600
R-23	1 1/2"	2500
R-24	2"	900-1500
R-25	2 1/2"	150
R-26	2 1/2"	300-600
R-26	2"	2500
R-27	2 1/2"	900-1500
R-28	2 1/2"	2500
R-29	3"	150
R-30	3"	300-600 JUNTA LAPEADA
R-31	3"	300-600-900
R-32	3"	2500
R-33	3 1/2"	150
R-34	3 1/2"	300-600
R-35	3"	1500
R-36	4"	150
R-37	4"	300-600-900
R-38	4"	2500
R-39	4"	1500
R-40	5"	150
R-41	5"	300-600-900
R-42	5"	2500
R-43	6"	150
R-44	5"	1500
R-45	6"	300-600-900
R-46	6"	1500
R-47	6"	2500
R-48	8"	150
R-49	8"	300-600-900
R-50	8"	1500
R-51	8"	2500
R-52	10"	150
R-53	10"	300-600-900
R-54	10"	1500
R-55	10"	2500
R-56	12"	150
R-57	12"	300-600-900
R-58	12"	1500
R-59	14"	150

R-60	12"	2500
R-61	14"	300-600
R-62	14"	900
R-63	14"	1500
R-64	16"	150
R-65	16"	300-600
R-66	16"	900
R-67	16"	1500
R-68	18"	150
R-69	18"	300-600
R-70	18"	900
R-71	18"	1500
R-72	20"	150
R-73	20"	300-600
R-74	20"	900
R-75	20"	1500
R-76	24"	150
R-77	24"	300-600
R-78	24"	900
R-79	24"	1500

PERNOS O ESPARRAGO

Para la fijación de las uniones embridadas se requieren los pernos o espárragos; la tabla nos muestra lo que es un PERNO y materiales requeridos dependiendo de la temperatura.

LOS PERNOS



MATERIALES PARA APERNADO DE BRIDAS

DESIGN METAL TEMPERATURE °F	°C	FLANGE RATING ANSI Class	BOLTS			NUTS	
			Type	Grade	ASTM Spec	Grade	ASTM Spec
-20 to 800	-29 to 427	any	stud	B7	A 193 (5)	2 (1)	A 194
>800 to 1100	>427 to 593	any	stud	B16	A 193	2H (1)	A 194
1000 to 1500	538 to 815	any	stud	BBM	A 193	BM	A 194
-425 to -151	-255 to -102	any	stud	BB (4)	A 320 (3)	B	A 194
-150 to -20	-101 to -29	any	stud	L7	A 320	4 (1)(2)	A 194

Notes:
 (1) Nuts larger than 1/2 in. (12 mm) shall not be machined from barstock.
 (2) Nuts 1/2 in. and smaller shall not be machined from cold finished barstock.
 (3) ASTM A 193 Grade BB bolts with ASTM A 194 Grade B nuts may be used as an alternate.
 (4) BB bolts shall be strain hardened.
 (5) ASTM A 307 Grade B machine bolts with ASTM A 307 Grade B nuts may be used as an alternative on ANSI Class 150 and 300 flanges with bolting design metal temperatures from -20°F to 380°F (-29°C to 117°C), in cases where an economic advantage can be realized.

La tabla en la siguiente página nos muestra la correcta fijación de los pernos en una unión embridadada, así como los espárragos requeridos dependiendo del rating de la brida.

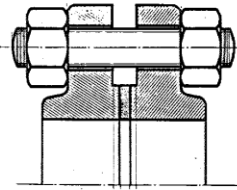
INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

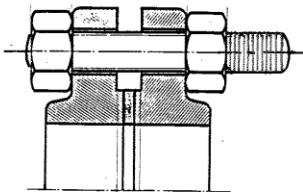
APERNAO DE BRIDAS

DIMENSIONES PARA ESPÁRRAGOS, EN ACERO, PARA UNIONES BRIDADAS
(CUMPLE CON ANSI B.16.5)

INSTALACIÓN



"CORRECTA"



"INCORRECTA"

Size, Inches		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	8	10	12
150 POUND ANSI	Number of Bolt-Studs	4	4	4	4	4	4	4	4	8	8	8	8	8	12	12
	Diameter of Bolt-Studs	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	7/8	7/8
	Length	—	—	3	3	3 1/4	3 1/2	3 3/4	4	4	4 1/4	4 1/4	4 1/2	5	5	5
	1/4 Raised Face	2 1/4	2 1/4	2 1/2	2 1/2	2 3/4	3	3 1/4	3 1/2	3 3/4	3 3/4	3 3/4	3 3/4	4	4 1/2	4 1/2
300 POUND ANSI	Number of Bolt-Studs	4	4	4	4	4	8	8	8	8	8	8	12	12	16	16
	Diameter of Bolt-Studs	1/2	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	7/8	1	1 1/4
	Length	3	3 1/4	3 1/2	3 1/2	4	4 1/2	4 3/4	5	5	5 1/4	5 1/2	6	6 3/4	7 1/4	7 1/4
	1/4 Raised Face	2 1/2	2 3/4	3	3	3 1/2	3 3/4	3 3/4	4	4 1/4	4 1/4	4 1/2	4 3/4	5 1/4	6	6 1/2
400 POUND ANSI	Number of Bolt-Studs	4	4	4	4	4	8	8	8	8	8	8	12	12	16	16
	Diameter of Bolt-Studs	1/2	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	7/8	1	1 1/4
	Length	3	3 1/4	3 1/2	3 1/2	4	4 1/2	4 3/4	5	5	5 1/4	5 1/2	6	6 3/4	7 1/4	7 1/4
	1/4 Raised Face	2 1/2	2 3/4	3	3	3 1/2	3 3/4	3 3/4	4	4 1/4	4 1/4	4 1/2	4 3/4	5 1/4	6	6 1/2
600 POUND ANSI	Number of Bolt-Studs	4	4	4	4	4	8	8	8	8	8	8	12	12	16	20
	Diameter of Bolt-Studs	1/2	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	7/8	1	1 1/4
	Length	3	3 1/4	3 1/2	3 3/4	4	4 1/2	4 3/4	5	5 1/2	5 3/4	6 1/2	6 3/4	7 1/4	8 1/2	8 3/4
	1/4 Raised Face	2 1/2	2 3/4	3	3 1/4	3 1/2	3 3/4	3 3/4	4	4 1/4	4 1/4	4 1/2	4 3/4	5 1/4	6	6 1/2
900 POUND ANSI	Number of Bolt-Studs	4	4	4	4	4	8	8	8	8	8	8	12	12	16	20
	Diameter of Bolt-Studs	1/2	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	7/8	1	1 1/4
	Length	3	3 1/4	3 1/2	3 3/4	4	4 1/2	4 3/4	5	5 1/2	5 3/4	6 1/2	6 3/4	7 1/4	8 1/2	8 3/4
	1/4 Raised Face	2 1/2	2 3/4	3	3 1/4	3 1/2	3 3/4	3 3/4	4	4 1/4	4 1/4	4 1/2	4 3/4	5 1/4	6	6 1/2
1500 POUND ANSI	Number of Bolt-Studs	4	4	4	4	4	8	8	8	8	8	8	12	12	16	20
	Diameter of Bolt-Studs	1/2	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	7/8	1	1 1/4
	Length	3	3 1/4	3 1/2	3 3/4	4	4 1/2	4 3/4	5	5 1/2	5 3/4	6 1/2	6 3/4	7 1/4	8 1/2	8 3/4
	1/4 Raised Face	2 1/2	2 3/4	3	3 1/4	3 1/2	3 3/4	3 3/4	4	4 1/4	4 1/4	4 1/2	4 3/4	5 1/4	6	6 1/2

La tabla de abajo nos muestra la resistencia de las bridas dependiendo de la temperatura de operación.

NOTA: Los espárragos vienen en diferentes materiales y deben instalarse igual al material de la brida

RESISTENCIA (PSI) DE BRIDAS EN MATERIAL ASTM A 105
DE ACUERDO AL RATING ASME B16.34

Temperatura °F	150	300	600	900	1500	2500	4500
-20 a 100	285	740	1480	2220	3705	6170	11110
200	260	675	1350	2025	3375	5625	10120
300	230	655	1315	1970	3280	5470	9845
400	200	635	1270	1900	3170	5280	9505
500	170	600	1200	1795	2995	4990	8980
600	140	550	1095	1640	2735	4560	8210
650	125	535	1075	1610	2685	4475	8055
700	110	535	1065	1600	2665	4440	7990
750	95	505	1010	1510	2520	4200	7560
800	80	410	1085	1235	2060	3430	6170

CLASE DE BRIDA SEGÚN ISO

PN 20 = 150#

PN 50 = 300#

PN 100 = 600#.

PN 150 = 900#

PN 200 = 1500#

PN 420 = 2500#

VALVULA

Son usadas en los procesos industriales para controlar el paso de los fluidos dentro de la tubería; son fabricadas bajo norma ASME /ANSI B 16.34 API 600. Se consiguen en diferentes materiales y deben ser instaladas de acuerdo al material de la tubería. Las pruebas se hacen de acuerdo con API 598.

COMPONENTE DE UN CIRCUITO DE TUBERIAS
VALVULA PIEZAS QUE LA CONFORMAN



24

MATERIALES DE LOS COMPONENTES DE UNA VALVULA

(ver esquema de la válvula en parte superior)

CUERPO ASTM A 216 WCB

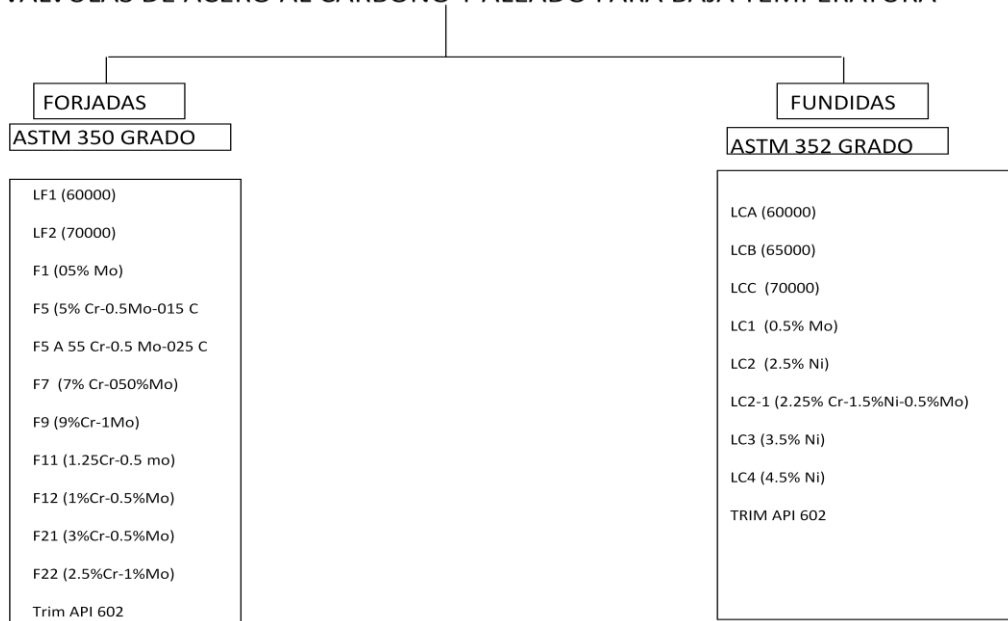
ANILLO ASIENTO ASTM A 182 F6 (13%Cr)

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

DISCO ASTM A 217 CA 15 (13%Cr)
 VÁSTAGO ASTM A 182 f6 (13%Cr)
 ESPARAGOS ASTM A 193 B7
 TUERCAS ASTM A 194 2H.
 EMPAQUE ACERO INOX Y GRAFITO
 BONETE ASTM A 216 WCB
 BUJE ASIENTO POSTERIOR ASTM A 182 F6 (13%Cr)
 EMPAQUE DEL VÁSTAGO GRAFOIL
 LINTERNA ASTM A 182 F6 (13%CR)
 PERNO ACERO AL CARBON
 BUJE PRENSAEMPAQUE ASTM A 182 F6 (13% Cr)
 BRIDA PRENSAEMPAQUES ASTM A 105
 TORNILLO DE OJO ASTM A 307B
 TUERCA DEL VASTAGO ASTM A 439 D2
 TUERCA RETEN ACERO CARBON HIERRO DUCTIL
 VOLANTE ACERO AL CARBON
 TUERCA VOLANTE ACERO AL CARBON
 YUGO ASTM A 216 WCB
 GRASERA ACERO AL CARBON
 CUBIERTA CARA DE SELLADO 13% CR Y 18 CR-8NI

VALVULAS
 ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA CUERPOS
 VALVULAS DE ACERO AL CARBONO Y ALEADO PARA BAJA TEMPERATURA



ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA CUERPOS

VALVULAS DE ACERO INOXIDABLE

FORJADAS

ASTM A 182 GRADO

F-304 (18%Cr-8%Ni-0.08%C max)
 F-304 H (0.04-0.1% C)
 F 310 (25%Cr-8%Ni-0.15% C)
 F 316 (16%Cr-12%Ni-2%Mo)
 F 316 H (0.04%-0.1% C)
 F 316 L (0.035% C max)
 F 321 (18% Cr- 10% Ni+Ti)
 F 321 H (0.04%-0.1% C)
 F 347 (18% Cr-10% Ni+Cb)
 F 347 H
 F 348 (18% Cr-10% Ni-Cb+Ta)
 F 348 H
 F-10 (20% Ni-8% Cr)
 F 6 A
 TRIM API 602 (13% Cr-0.15% C)

FUNDIDAS

ASTM A 351 GRADO

CF3 (18 Cr-8Ni-0.03 C) 70ksi
 CF3 A (18Cr-8Ni-0.03 C) 77 ksi
 CF8 (18Cr-8Ni-0.08C) 70ksi
 CF8 A (18Cr-8Ni-0.08C) 77 ksi
 CF3 M (18Cr-10Ni-3 Mo-0.03C)
 CF8 M (18Cr-10Ni-3 Mo-0.08C)
 CF8 C (18 Cr-9Ni+Cb-0.08 C max)) 347
 CH8 (25Cr-13Ni-0.08Cmax)
 CH 10 (25Cr-13Ni-0.1 C max)
 CH20 (25Cr-13Ni-0.2C max) 309H
 CK20 (25Cr-20Ni-0.2C max) 310H
 HK30 (25Cr-20Ni-0.3C max)
 HK40 (25Cr-20Ni-0.4C)
 HT30 (35Ni-15Cr-0.25/0.35C)
 CF10 MC (18Cr-15Ni-2Mo+Cb)
 CF CN7M (20Cr-29Ni-2.5Mo-3.5Cu)
 CD4MCU (25Cr-5Ni-2Mo-3 Cb)
 TRIM API 602

ESPECIFICACION DE INTERNOS

TRIM API 602

Nº 1- f6 (13% Cr) (x)
 Nº2- 304 (18% Cr-8% Ni) (L)
 Nº 3- F- 310 (35% Cr-20% Ni)
 Nº 4 HARD F6 (13% Cr endurecido)
 Nº 5- HARDFACED (Co-Cr-Stellite 6)
 Nº 5 A-HARFACED (Ni-Cr)
 Nº 6-F6 y Cu-Ni (13% C y Cuproniquel)
 Nº 7 -F6 y HARD F6 (13% Cr y 13% Cr ENDURECIDO)
 Nº 8- F6 Y HARFACED 13%Cr y Co-Cr-Stellite) (XU)
 Nº 9-MONEL (Aleación Ni-Cu) (A)
 Nº10-316 (18%Cr-8%Ni-2% Co) (L)
 Nº 11-MONEL Y HARFACED (Ni-Cu y trim 5/5 A)
 Nº12-316 y HARFACED (XL)
 Nº13 ALLOY 20 (19% Cr-29%Ni)
 Nº14 -ALLOY 20 Y HARFACED

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

TIPOS DE VALVULAS

Válvula de compuerta

Válvula globo

Válvula cheque

Válvula de mariposa

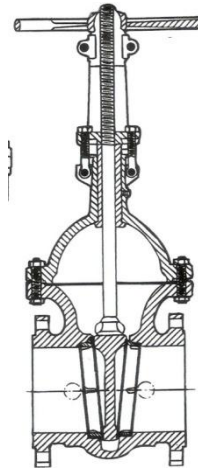
Válvula de control

Válvula de seguridad.

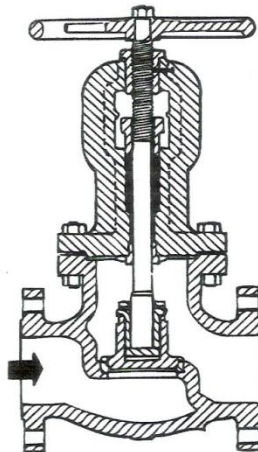
Válvula de corredera

VALVULA DE COMPUERTA.

La válvula de compuerta es diseñada para operar totalmente abierta o totalmente cerrada.

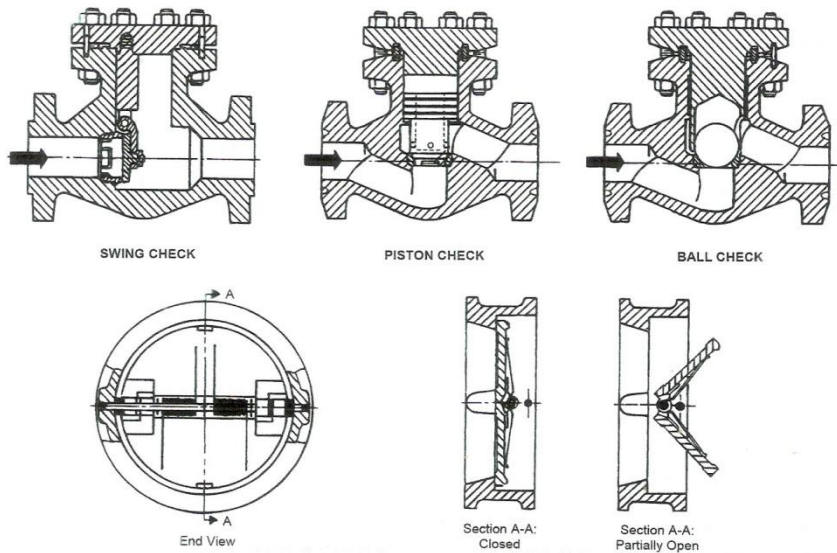
**VALVULA GLOBO**

La válvula globo puede operar a un porcentaje de apertura.



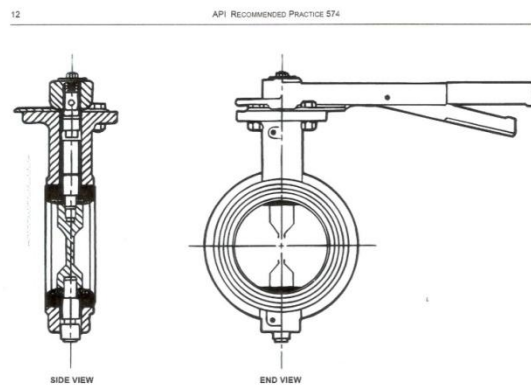
VALVULA CHEQUE

La válvula cheque deja pasar el fluido en un solo sentido.



VALVULA MARIPOSA

Funciona al igual que una válvula de compuerta, se diferencia en que su apertura es más rápida



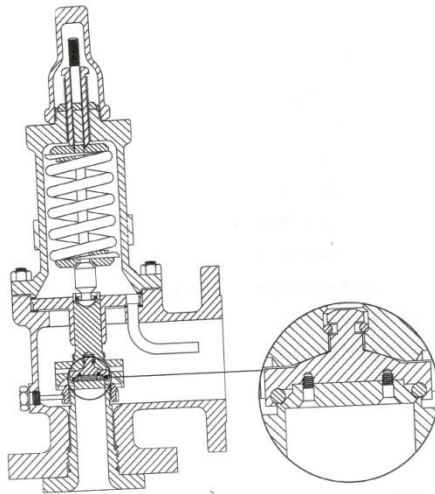
VALVULA DE CONTROL

Funciona igual que una válvula de globo, se diferencia en que su apertura se efectúa en forma remota por medio electrónico o neumático.

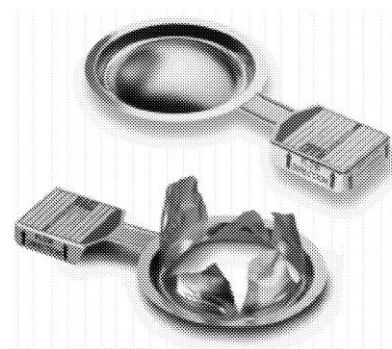


VALVULA DE SEGURIDAD (Relevadores de presión)

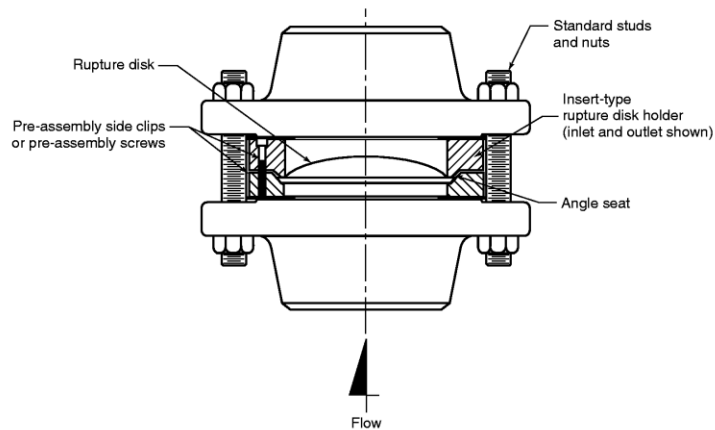
Son diseñadas para abrir a una presión determinada, son usadas como protección de sistemas que manejan presión.



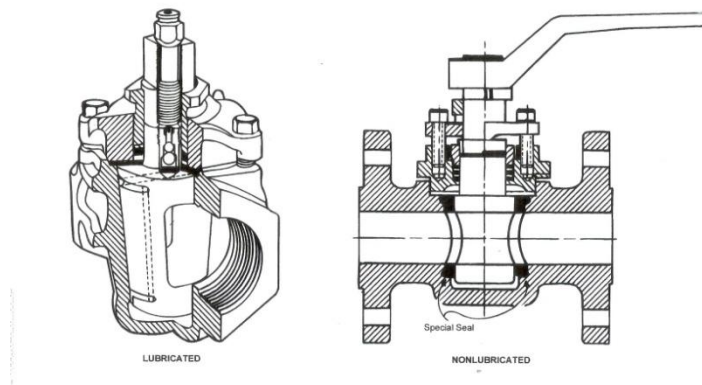
DISCO DE RUPTURA OTRO SISTEMA RELEVADOR DE PRESION



INSTALACIÓN CORRECTA DEL DISCO DE RUPTURA



Válvula tapón



Las válvulas se consiguen forjadas o fundidas.

El material mas usado es el acero al carbón

Válvulas diámetro 2" y menores son forjadas se consiguen con norma americana ASTM A 105 x 800#

El ASME B.16.34 no recomienda válvulas ni bridas en material ASTM A 105 para temperaturas superiores a 800°F porque después de esta temperatura.

EL carburo se puede convertir en grafito (the carbide phase **of steel may be** converted to graphite).

Para temperaturas superiores a 800°F se recomienda acero KILLED STEEL. Norma americana ASTM A181 Gr I o II - ASTM A 266 CL I-II-III pueden operar hasta temperatura 1150°F.

Para temperaturas superiores a 1150°F se recomienda material ASTM A 182 o inoxidable.

PRUEBAS HIDROSTÁTICAS PARA VALVULAS

Presiones de prueba		
Clase	Presión en el cuerpo	Presión en el asiento
Lbs	Kg/cm2 (PSI)	Kg/cm2 (PSI)
150	29 (420)	21 (300)
300	76 (1.100)	55 (790)
600	150 (2.175)	110 (1.550)
900	225 (3.250)	155 (2.250)
1500	375 (5.400)	255 (3.700)
2500	620 (9.000)	415 (6.000)

Duración de las pruebas		
Diámetro de la válvula	Prueba del cuerpo	Prueba de asientos
	Minutos	Minutos
2"- 4"	2	2
6"- 10"	5	5
12"- 18"	15	5
20"- 24"	30	5

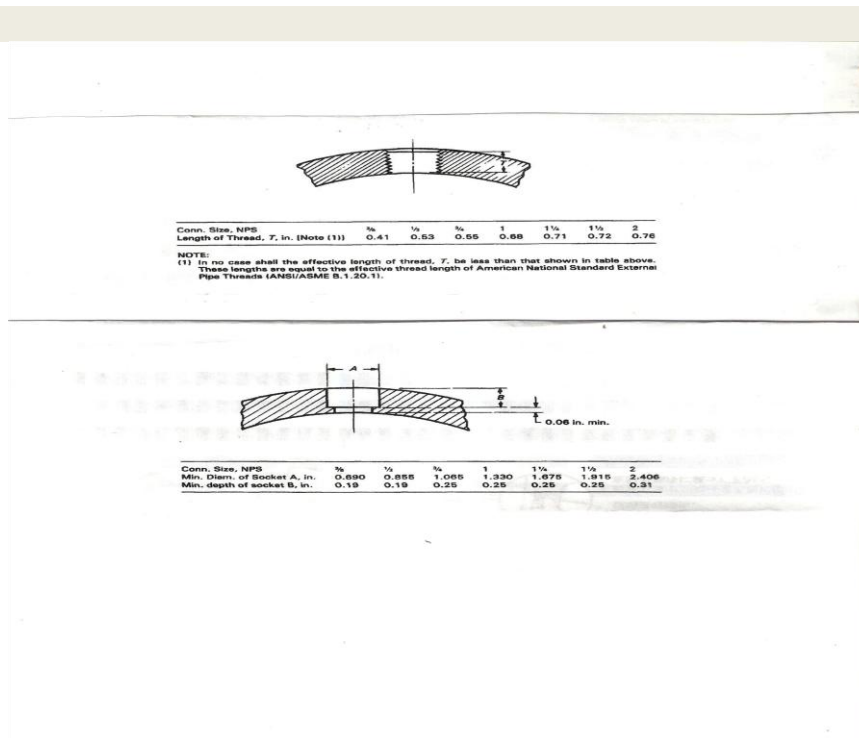
Fugas aceptables

Diámetro de la válvula	Gotas por minuto
2" y menores	Ninguna
2 1/2"- 6"	12
8"- 12"	20
14"- 24"	28

Notas:

- 1.- Las pruebas se harán utilizando agua cuyo contenido de cloruros no sea mayor a 50 ppm.
- 2.- Son aceptables otros tipos de fluidos cuya viscosidad no exceda la del agua.
- 3.- Las válvulas en servicio de HF deberán ser probadas hidrostáticamente utilizando Kerosene.

ALGUNAS VALVULAS EN SERVICIOS CRITICOS SE LES INSTALA UNA FACILIDAD EN EL CUERPO PARA HACER LIMPIEZA DE LOS INTERNOS VER ASME B 16.34 (Para las medidas)



JUNTAS DE EXPANSION

Las juntas de expansión se pueden considerar como un componente de tubería, son utilizadas para mitigar los movimientos térmicos de las tuberías; para mitigar las vibraciones mecánicas se utilizan amortiguadores de vibración; existen varias normas para su fabricación pero las mas utilizadas son:

E.J.M.A "Standard of the Expansión Joint Manufacturers Association".

A.D "MERKBLSTT AD-13

El standard E.J.M.A es el más utilizado mundialmente; esta norma tubo su origen en un relatorio del Ministerios de Aeronáutica de los Estados Unidos.

La norma **AD-13** Es una norma de origen alemán, aplicada en Europa en años pasados; sin embargo hoy día los fabricantes de juntas de expansión han adoptado la norma **E.J.M.A**, esta norma trabaja a su vez con las siguientes normas:

ASME	Boiler and presure Vessel code
ANSI	American National Standard Institute
ASTM	American Society for Testing and materials
DIN	Deustches Institut fur Normung
AWWA	American Water-Work Association
JIS	Japanese Industrial Standard
ISO	International Standard Organization
API	American Petroleum Institute

INSPECCION DE TUBERIAS

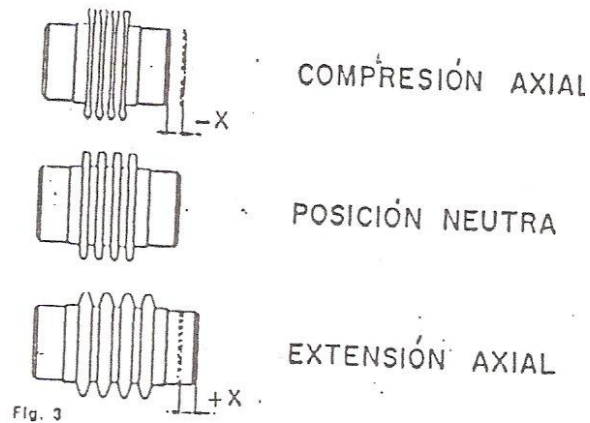
AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

MSS Manufacturers Standard Society

Los movimientos que pueden ser absorbidos por la juntas de expansión metálica son:

Movimiento Axial

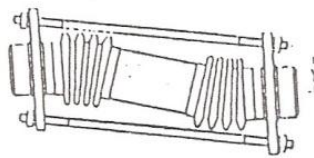
Encortamiento (compresión) o alargamiento (tracción/extensión) de una junta de expansión en la dirección de su eje longitudinal



Movimiento lateral

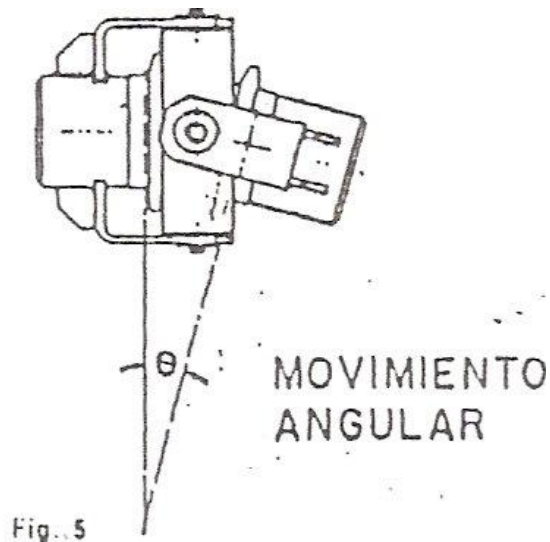
Movimiento relativo de las extremidades de una junta de expansión perpendicular a su eje longitudinal

MOVIMIENTO LATERAL



Movimiento angular

Movimiento del eje longitudinal de una junta de expansión, describiendo un arco circular



Nota: Las juntas de expansión metálicas no son recomendables para absorber movimientos torsionales.

Las juntas de expansión son utilizadas para absorber movimientos de tuberías o equipos originados por causas diversas. De esa forma estarán sometidas a la fatiga de los materiales de fabricación de los fuelles, componentes elásticos de las mismas.

La vida útil de una junta puede ser definida como el número total de ciclos completos de trabajo hasta su ruptura, siendo un ciclo completo el movimiento realizado por la junta desde la posición de instalación hasta la posición de máxima deflexión y el retorno correspondiente a la posición inicial.

El material más utilizado para la fabricación de las juntas de expansión metálicas son los inoxidables de la serie 300 debido a sus excelentes propiedades de deformación, resistencia a la fatiga y a los ataques químicos de un gran número de fluidos.

Las juntas generalmente son calculadas para 7000 ciclos.

1 ciclo es igual desde el momento del arranque hasta que se vuelve a parar la planta.

Las juntas que no tienen instalado caño guía son propensas a la resonancia inducidas.

CLASIFICACION DE LAS JUNTAS DE EXPANSION EN FUNCION DE LOS DIFERENTES MATERIALES DE LOS FUELLES Y DE SUS APLICACIONES ESPECIFICAS EN RELACION A LOS MISMOS.

METALICAS: De fuelles metálicos (acero inoxidable, acero al carbono o aleaciones especiales), son aptas para trabajar en condiciones variadas de presión y temperatura. Las juntas de acero inoxidable por ejemplo son normalmente utilizadas en sistemas que operan con temperaturas de -200 hasta 600°C, son fabricadas con inoxidables de las series 300 (austeníticos) debido a sus excelentes propiedades de deformación, resistencia a la fatiga y al ataque químico de un gran número de fluidos y elevada resistencia mecánica a altas temperaturas.

DE ELASTOMERO: De excelente resistencia a la corrosión química, pueden ser fabricadas de diversos elastómeros, tales como: cloroprene, caucho natural, EPDM, hypalon, etc; pudiendo ser utilizadas en sistemas que operen con temperaturas continuas de hasta 110°C.

Poseen elevada resistencia mecánica, conferida por refuerzos internos metálicos y de tejidos de materiales sintéticos.

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

NO METALICAS: De excelente comportamiento anti-corrosivo, son utilizadas como alternativas de solución técnicamente correcta para los sistemas que por sus características operacionales (fluido y temperatura) no pueden ser resueltos con las juntas metálicas o de elastómeros.

Pueden operar a temperaturas de hasta 260°C.

De P.T.F.E.: El PTFE (politetrafluoroetileno) es mundialmente reconocido como el plástico que reúne las mas valiosas propiedades químico-mecánicas en una combinación única y su aplicación en elementos flexibles, abre un nuevo horizonte para la solución de flexibilidad de tuberías en sistemas con fluidos altamente corrosivos.

De ELASTOMEROS REVESTIDAS INTERNAMENTE CON PTFE: Son provistas para aquellos casos en que se hace necesario reunir las excelentes propiedades flexibles de las juntas de elastómeros con la elevada resistencia a la corrosión a altas temperaturas del PTFE.

COMPUESTAS: cuando por razones de resistencia mecánica, necesitamos utilizar un fuelle metálico pero en casos en que el fluido interno lo ataca, revestimos internamente al mismo con elastómero o PTF.

De esta forma aliamos elevada resistencia mecánica conferida por el fuelle metálico con altísima resistencia a la corrosión otorgada por el PTFE.

INSTALACION DE JUNTAS DE EXPANSION

Las siguientes recomendaciones evitan los errores comunes que ocurren durante la instalación de las juntas de expansión.

No limpiar los fuelles con materiales abrasivos (cepillos de alambre, arenado, lana de acero etc).

No retirar las barras de transporte hasta que la junta no este instalada en su sitio.

No exceder la presión de prueba especificada.

CAUSA DE FALLAS EN LOS FUELLES DE LAS JUNTAS DE EXPANSION METALICAS

Las juntas de expansión correctamente proyectadas y fabricadas tienen amplia durabilidad; sin embargo fallas ocasionales pueden ocurrir.

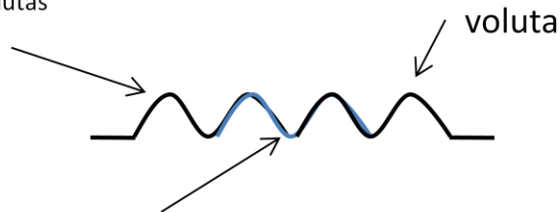
- Inadecuado transporte y/o manoseo de las piezas.
- Instalación incorrecta y protección insuficiente durante la instalación y posterior.
- Anclajes y soporteria impropios.
- Fallas y rupturas de anclajes en operación.
- Movimiento de torsión de la junta.
- Sobrepresión en la línea (operacional o durante la prueba de presión).
- Resonancia de los fuelles.
- Movimientos axiales, laterales y/o angulares excesivos.
- Corrosión del material del fuelle por la selección impropia del material utilizado.
- Erosión de los fuelles por el paso de un fluido abrasivo. Por la falta de caño guía.
- Reducción de la capacidad de absorción de los movimientos por la introducción en las corrugaciones del fuelle de fluidos capaces de solidificar o que por su tipo de estructura puedan causar tal limitación.

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

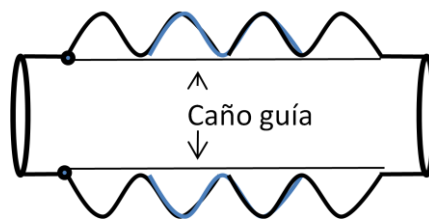
Fuelle de junta de expansión

Si la rotura se presenta por la parte
Superior en las primeras volutas
La falla es por FATIGA



Si la rotura se presenta por la parte
Inferior de la voluta la falla es por TORCION

Junta de expansión



REPARACIÓN DE FUELLES DE JUNTAS DE EXPANSION

Casos susceptibles de reparación.

- Grietas, fisuras o picaduras en las corrugaciones
- Grietas o fisuras en la tangente, daños puntuales producidos por electrodos, porosidad etc.

En el primer caso grietas o fisuras, picaduras en las corrugaciones demuestran que el fuelle sufrió ruptura por fatiga, torsión, corrosión actuando aisladamente o por su combinación.

Como se trata de un problema que afecta el material en su estructura molecular, la reparación de tales fallas significa disfrazar el problema y la reparación no tendría garantía de buena operación. Sin embargo se pueden hacer reparaciones si la temperatura no supera 400°F, pero debe ser temporal hasta cambiar la junta con daño.

El material de aporte usualmente usado es varilla de plata al 25% (min) diámetro. 1.5 a 2.5 mm.

Siguiendo el siguiente procedimiento

- Primero se detecta el sitio de la falla mediante líquidos penetrantes o radiografía.
- Se precalienta el sitio a reparar con antorcha; se deposita la plata uniformemente, no debe quedar concentrada.

Cuando se trata de poros se debe seguir el siguiente procedimiento:

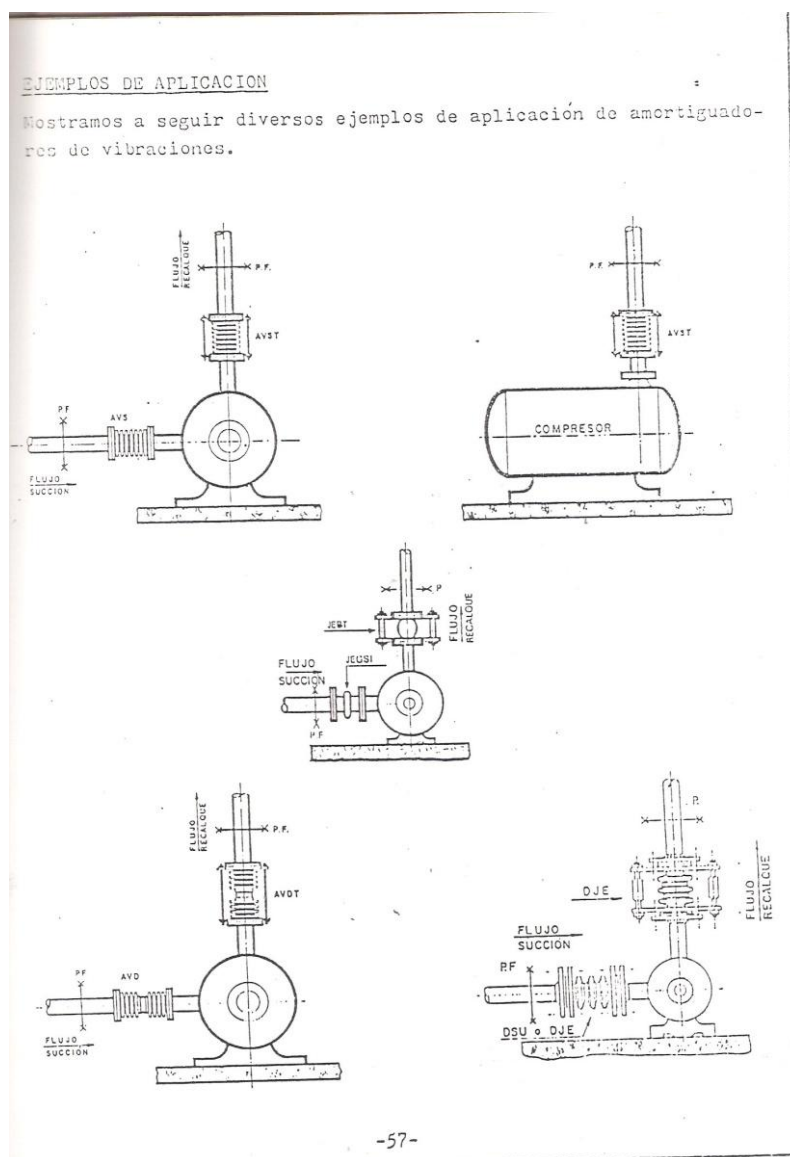
- Limpiar con piedra esmerilar punta cónica en caso que sea un hueco pequeño.
- Determinar la varilla a ser utilizada siguiendo requisitos AWS.
- Se utiliza procedimiento TIG.
- Verificar con tintas penetrantes o prueba de presión.

Para el caso de huecos grandes.

- Limpiar con piedra esmeril puntual de punta cónica los bordes del hueco.
- Con cartulina y martillo hacer una plantilla de la sección a reparar.
- Si se tiene una pieza similar se pasa la plantilla a la pieza cortando con esmeril la pieza a utilizar.
- Puntear la plantilla sobre uno de los puntos de coincidencia del hueco a reparar.
- Soldar mediante procedimiento TIG.
- Comprobar mediante líquidos penetrantes y prueba de presión.

AMORTIGUADORES DE VIBRACION

Funcionan al igual que una junta de expansión la figura muestra ejemplos de aplicación.



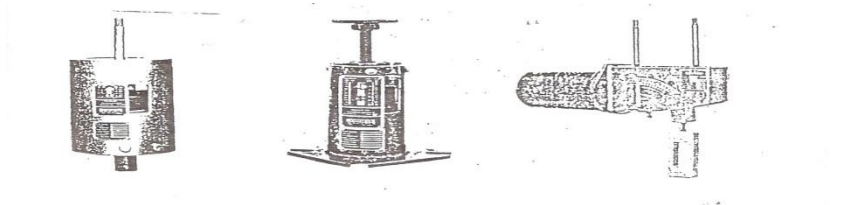
SOPORTES DE RESORTE PIPE HANGER

Los soportes de resorte son diseñados para temperatura máxima de 80°C, los soportes de resorte se destinan a sustentar tuberías /y o equipos sujetos a movimientos verticales, resultantes principalmente de variaciones térmicas.

Con diferentes características aplicativas son fabricados en dos configuraciones específicas:

Soporte de carga variable (S.R.V)

Soporte de carga constante (SRC).



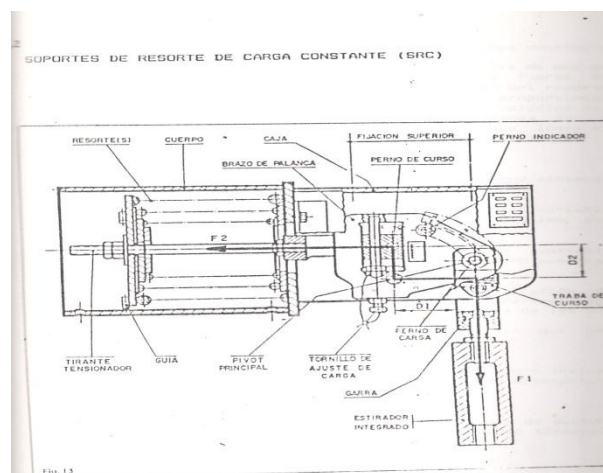
En los soportes de carga variable, la fuerza de sustentación varía en función del grado de deflexión del resorte, en consecuencia del movimiento vertical operacional.

Desde que el peso del sistema es el mismo, tanto en la condición de instalación como en la operación, tal variación provocara transmisión de carga diferencial sobre el equipo y/o soportes adyacentes al punto de sustentación durante el transcurso del ciclo operativo.

Los soportes de carga variable SRV son recomendados para aplicaciones en que tales esfuerzos residuales sean compatibles con las limitaciones normativas de los equipos o con las restricciones mecánico resistente de las estructuras de los soportes.

Los soportes de carga constante otorgan fuerza de sustentación constante durante la evolución completa del ciclo térmico.

Los SRC son utilizados donde no es deseable la transmisión de esfuerzos; esto ocurre en equipos altamente sensibles.



Normas aplicables en la fabricación de soportes de resorte. PIPE HANGER.

MSS-SP 58, 69, 89 y 90

ANSI B 31.1, B 31.3

ASME CODE

DIN

VGB RULES

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

Materiales usados para fabricación de soportes PIPE HANGER.

RESORTE: SAE 5160/DIN 17223

CUERPOS: SAE 1020/ ASTM A 106- A 36

REFUERZOS : ASTM A 36- SAE 1020

TENSORES : ASTM A 307 SAE 1020- SAE 1045

PERNOS: AISI 304

TRABAS: A 36/ SAE 1045 Hierro fundido

ACCESORIOS A 36/ SAE 1020 AISI 304

Los resortes son revestidos con elastómero sintéticos.

Los soportes de resorte son diseñados para funcionar verticalmente; hay 3 modelos DINA 82-268-98.

DINA 82 = 30 mm

DINA 268 = 60 mm

DINA 98 = 120 mm.

La variación permitida de curso de trabajo movimiento angular $\pm 4^\circ$.

COMO SE CONSIGUEN EN EL MERCADO LAS TUBERIAS Y ACCESORIOS

Los accesorios y tuberías se consiguen en el mercado bajo norma Americana ASTM, API, norma Alemana **DIN**, norma Japonesa **JIS**, norma Británica **B.S**, norma Belga **NBN**, norma Francesa **AFNOR**, norma Italiana **UNI**.

La tabla recoge norma americana ASTM

ASTM DESIGNATION OF MATERIALS

MATERIAL	PLATE	PIPE	ELECTRIC FUSION WELDED PIPE	TUBES	CASTINGS	FORGINGS	WROUGHT FITTINGS	CLADDING
Carbon Steel	A-285 GR. A,B,&C	A-53 GR. A&B	A-671 GR. CA-55 A-672 GR. A45-A55	A-214 (Welded) A-179 (Seamless)	A-216 GR. WCA,WCB & WCC	A-105 A-181 CL. 60 or 70 A-266 CL. I,II,or III	A-234 GR. WPB	
Killed Steel	A-515 GR. 55-70 A-516 GR. 55-70	A-106 GR. A&B	A-672 GR. B55-B70 A-672 GR. C55-C70	A-179	A-216 GR. WCA,WCB, & WCC	A-105 A-181 CL. 60 or 70 A-266 CL. I,II,or III	A-234 GR. WPB	
C-1/2 Mo	A-204 GR. A,B,&C	A-335 GR. P1	A-691 GR. CM 65 CM 75	A-209 GR. T1	A-217 GR. WC1	A-182 GR. F1 A-336 CL. F1	A-234 GR. WP1	
Mn-1/2 Mo	A-302 GR. B							
1 Cr-1/2 Mo	A-387 GR. 12	A-335 GR. P12	A-691 GR. 1Cr	A-213 GR. T12		A-182 GR. F12 A-336 CL. F12	A-234 GR. WP 12	
1-1/4 Cr-1/2 Mo	A-387 GR. 11	A-335 GR. P-11	A-691 GR. 1-1/4 Cr	A-199 GR. T11 A-213 GR. T11	A-217 GR. WC6	A-182 GR. F11 A-336 CL. F11	A-234 GR. WP11	
2-1/4 Cr-1 Mo	A-387 GR. 22	A-335 GR. P-22	A-691 GR. 2-1/4 Cr	A-199 GR. T22 A-213 GR. T22	A-217 GR. WC9	A-182 GR. F22 A-336 CL. F22	A-234 GR. WP22	
3 Cr-1 Mo	A-387 GR. 21	A-335 GR. P-21		A-199 GR. T21 A-213 GR. T21		A-182 GR. WP21 A-336 CL. F21		
5 Cr-1/2 Mo	A-387 GR. 5(Formerly A-357)	A-335 GR. P5	A-691 GR. 5 Cr	A-199 GR. T5 A-213 GR. T5	A-217 C5	A-182 GR. F5 A-336 CL. F5	A-234 GR. WP5	
9 Cr-1Mo		A-335 GR. P9		A-199 GR. T9 A-213 GR. T9	A-217 GR. C12	A-182 GR. F9 A-336 CL. F9	A-234 GR. WP9	
12 Cr-AL-TP405	A-240 TP405	A-268 GR. TP405		A-268 GR. TP405				A-263
13 Cr-TP410	A-240 TP410	A-268 GR. TP410		A-268 GR. TP410	A-217 GR. CA15	A-182 GR. F6 A-336 CL. F6		A-263
13 Cr-TP410S	A-240 TP-410S							A-263
17 Cr-TP430	A-240 TP430	A-268 GR. TP430		A-268 GR. TP430				A-263

Continuación de ASTM designación de materiales en las paginas 106 pagina 107

ASTM DESIGNATION OF MATERIALS

MATERIAL	PLATE	PIPE	ELECTRIC FUSION WELDED PIPE	TUBES	CASTINGS	FORGINGS	WROUGHT FITTINGS	CLADDING
18 Cr-8 Ni-TP304	A-240 TP304	A-312 GR. TP304 A-376 GR. TP304	A-358 GR. 304	A-213 GR. TP304 A-249 GR. TP304	A-351 GR. CF8 A-744 GR. CF8	A-182 GR. F304 A-336 CL. F304	A-403 GR. WP304	A-264
18 Cr-8 Ni TP304L	A-240 TP304L	A-312 GR. TP304L	A-358 GR. 304L	A-213 GR. TP304L A-249 GR. TP 304L	A-351 GR. CF3 A-744 GR. CF3	A-182 GR. F304L A-336 CL. F304L	A-403 GR. WP304L	A-264
18 Cr-8 Ni TP304H	A-240 TP304H	A-312 GR. TP304H A-376 GR. TP304H	A-358 GR. 304H	A-213 GR. TP304H A-249 GR. TP304H		A-182 GR. F304H A-336 CL. F304H	A-403 GR. WP304H	A-264
16 Cr-12 Ni-2 Mo TP316	A-240 TP316	A-312 GR. TP316 A-376 GR. TP316	A-358 GR. 316	A-213 GR. TP316 A-249 GR. TP316	A-351 GR. CF8M A-744 GR. CF8M	A-182 GR. F316 A-336 CL. F316	A-403 GR. WP316	A-264
16 Cr-12 Ni-2 Mo TP316L	A-240 TP316L	A-312 GR. TP316L	A-358 GR. 316L	A-213 GR. TP316L A-249 GR. TP316L	A-351 GR. CF3M A-744 GR. CF3M	A-182 GR. F316L A-336 CL. F316L	A-403 GR. WP316L	A-264
16 Cr-12 Ni-2 Mo TP316H	A-240 TP316H	A-312 GR. TP316H A-376 GR. TP316H	A-358 GR. 316H	A-213 GR. TP316H A-249 GR. TP316H		A-182 GR. F316H A-336 CL. F316H	A-403 GR. WP316H	A-264
18 Cr-13 Ni-3 Mo TP317	A-240 TP317	A-312 GR. TP317		A-249 GR. TP317	A-351 GR. CF-8M A-744 GR. CF-8M	A-276 TP317 (Bar Stock)		A-264
18 Cr-13 Ni-3 Mo TP317L	A-240 TP317L	A-312 GR. TP317L					A-403 GR. WP317L	A-264
18 Cr-10 Ni-Ti TP321	A-240 TP321	A-312 GR. TP321 A-376 GR. TP321	A-358 GR. 321	A-213 GR. TP321 A-249 GR. TP321		A-182 GR. F321 A-336 CL. F321	A-403 GR. WP321	A-264
18 Cr-10 Ni-Ti TP321H	A-240 TP321H	A-312 GR. TP321H A-376 GR. TP321H		A-213 GR. TP321H A-249 GR. TP321H		A-182 GR. F321H A-336 CL. F321H	A-403 GR. WP321H	A-264
18 Cr-10 Ni-Cb TP347	A-240 TP347	A-312 GR. TP347 A-376 GR. TP347	A-358 GR. 347	A-213 GR. TP347 A-249 GR. TP347	A-351 GR. CF8C A-744 GR. CF8C	A-182 GR. F347 A-336 CL. F347	A-403 GR. WP347	A-264
18 Cr-10 Ni-Cb TP347H	A-240 TP347H	A-312 GR. TP347H A-376 GR. TP347H		A-213 GR. TP347H A-249 GR. TP347H		A-182 GR. F347H A-336 CL. F347H	A-403 GR. WP347H	A-264
23 Cr-12 Ni TP309	A-240 TP309S	A-312 GR. TP309	A-358 GR. 309	A-213 GR. TP309	A-351 GR. CH-20		A-403 GR. WP309	A-264
25 Cr-20 Ni TP310	A-240 TP310S	A-312 GR. TP310	A-358 GR. 310	A-213 GR. TP310 A-249 GR. TP310	A-351 GR. CK-20	A-182 GR. F310 A-336 CL. F310	A-403 GR. WP310	A-264

ASTM DESIGNATION OF MATERIALS

MATERIAL	PLATE	PIPE	ELECTRIC FUSION WELDED PIPE	TUBES	CASTINGS	FORGINGS	WROUGHT FITTINGS	CLADDING
Inconel 600 (Ni-Cr-Fe)	B-168	B-167 B-517		B-163 Alloy Ni-Cr-Fe B-516	A-744 GR. Cy-40	B-564 Alloy Ni-Cr-Fe B-166 (Bar Stock)	B-366 GR. WPNCI	A-265
Incoloy 800 (Ni-Fe-Cr)	B-409	B-407 B-514		B-163 Alloy Ni-Fe-Cr B-515		B-564 Alloy Ni-Fe-Cr B-408 (Bar Stock)	B-366 GR. WPNC	A-265
Alloy 20 (Cr-Ni-Fe-Mo-Cu-Cb)	B-463	B-464	B-474	B-468	A-351 GR. CN-7H A-744 GR. CN-7H	B-462	B-366 GR. MP20CB	A-265
Admiralty	B-171 No. C44300 C44400 C44400			B-111 No. C44300 C44400 C44500				
Naval Brass	B-171 No. C46400							
Al. Brass				B-111 No. C68700				
Al. Bronze	B-171 No. C61400							B-432
90-10 Cu-Ni	B-171 No. C70600	B-466 No. C70600		B-111 No. C70600				B-432
80-20 Cu-Ni		B-466 No. C71000		B-111 No. C71000				
70-30 Cu-Ni	B-171 No. C71500	B-466 No. C71500		B-111 No. C71500				B-432
Monel (Ni-Cu)	B-127	B-165		B-163 Alloy Ni-Cu	A-744 GR. M-35-1	B-564 Alloy Ni-Cu B-164 (Bar Stock)	B-366 GR. WPNC	A-265
Hastelloy B (Ni-Mo)	B-333	B-619 Alloy Ni-Mo B-622 Alloy Ni-Mo		B-622 Alloy Ni-Mo B-626 Alloy Ni-Mo	A-494 R-12M-1	B-335 (Alloy Rod)	B-366 GR. WPHB	A265
Hastelloy C (Ni-Mo-Cr)	B-575	B-619 Alloy Low C Ni-Mo-Cr B-622 Alloy Low C Ni-Mo-Cr		B-622 Alloy Low C Ni- Mo-Cr B-626 Alloy Low C Ni- Mo-Cr	A-494 GR. CW-12M-1	B-574 (Alloy Rod)	B-366 GR. WPHC	A-265
Aluminum 3003	B-209 Alloy 3003	B-241 Alloy 3003 B-210 Alloy 3003		B-234 Alloy 3003		B-247 Alloy 3003	B-361 Alloy WP3003	
Titanium	B-265	B-337		B-338	B-367	B-381	B-363	

Las tablas de las paginas 108, 109, 110, 111, 112 y 113 contiene Las especificaciones de materiales permisibles por norma americana ; en la zona izquierda se especifica la norma americana indicando para que se utiliza el material.

Las siguientes 4 casillas indican la especificación del material por norma ALEMANA DIN.

Las siguientes 3 casillas la especificación del material por norma BRITANICA BS.

Las siguientes 3 casillas especificación del material por norma BELGA NBN.

Las siguientes 3 casillas la especificación del material por norma FRANCESA AFNOR.

Las siguientes 3 casillas la especificación del material por norma ITALIANA UNI.

Las ultimas 3 casillas la especificación del material por norma JAPONESA JIS.

Especificación de materiales permisibles por norma americana

ASTM especificación	NORMA ALEMANA		NORMA BRITÁNICA		NORMA BELGA		NORMA FRANCESA		NORMA ITALIANA		NORMA JAPONESA	
	DIN	WERNIKSTOFF	B.S.	REMARKS	NBN	NBN	AFNOR	NF	UNI	UNI	JIS	JIS
	TIPO	NÚMERO	NÚMERO	REMARKS	TIPO	NÚMERO	TIPO	NÚMERO	TIPO	NÚMERO	TIPO	NÚMERO
A 36 Acero estructural	U.S. 42-2	17100	1.054	≤ 1/8 in Thick	A6 28C	831	E 24-2	A 35-501	(6)		SM 41 A	G3108
A 48 Cast iron gris clase 26	R 81-42-2	17100	1.0542	≥ 25	A6 28D	831	E 24-3	A 35-501	≤ 1/8 in Thick (6)			
A 63 Tubería sin costura Grado A	G2520	1691	0.622								FC 20	G5551
A 63 Tubería sin costura Grado B	S 37-2	1628	1.0308	61(18) Welded								
A 63 Tubería sin costura Grado B	S 35	1629	1.0308	61(18) Seamless								
A 63 Tubería sin costura Grado B	S 45	1629	1.0409	61(18) Seamless								
A 108 Bidón forjado para alta temperatura de servicio	S 42-2	1628	1.054	61(18) Welded								
A 108 Bidón forjado para alta temperatura de servicio	19 Mo 5	17155	1.0462	32a(16)								
A 159 Tubería de carbon para alta temperatura de servicio												
A 159 Tubería de carbon para alta temperatura de servicio	S 35-9	17175	1.0305		D 37-2	629	C 14					
A 159 Tubería de carbon para alta temperatura de servicio	S 45-8	17175	1.0405		D 42-2	629	C 18					
A 136 Cast iron Gris para válvulas, bridas, tuberías y accesorios	G20 15	1681	0.6016									
A 136 Cast iron Gris para válvulas, bridas, tuberías y accesorios	G20 25	1681	0.6025									
A 131 Acero estructural para buques	S 35-9	17175	1.0305		D 37-2	629	C 14					
A 131 Acero estructural para buques	S 45-8	17175	1.0405		D 42-2	629	C 18					
A 181 Tubería de acero para servicio de refinerías												
A 181 Tubería de acero para servicio de refinerías	S 35-9	17175	1.0305		D 37-2	629	C 14					
A 181 Tubería de acero para servicio de refinerías	19 Mo 5	17175	1.5423		19 Mo 5	629	19 Mo 5					
A 187 Resistentes a la corrosión Cr-Ni Pallas de acero y laminas.												
A 187 Resistentes a la corrosión Cr-Ni Pallas de acero y laminas.	X 12 Cr Ni 18 8	17440	1.4300									
A 187 Resistentes a la corrosión Cr-Ni Pallas de acero y laminas.	X 5 Cr Ni 18 9	17440	1.4501									
A 187 Resistentes a la corrosión Cr-Ni Pallas de acero y laminas.	X 2 Cr Ni 18 9	17440	1.4306									
A 187 Resistentes a la corrosión Cr-Ni Pallas de acero y laminas.	X 10 Cr Ni Ti 18 9	17440	1.4541									
A 187 Resistentes a la corrosión Cr-Ni Pallas de acero y laminas.	X 2 Cr Ni Mo 18 10	17440	1.4400									
A 187 Resistentes a la corrosión Cr-Ni Pallas de acero y laminas.	X 3 Cr Ni Mo 18 10	17440	1.4404									
A 178 Pallas y laminas de acero cubren resistentes a la corrosión												
A 178 Pallas y laminas de acero cubren resistentes a la corrosión	X 7 Cr Al 13	17440	1.4002									
A 178 Pallas y laminas de acero cubren resistentes a la corrosión	X 10 Cr 13	17440	1.4008									
A 178 Pallas y laminas de acero cubren resistentes a la corrosión	X 12 Cr 14	17440	1.4031									
A 178 Resistentes al drawn Low-C Steel Heat Intercambiadores y condensadores	R 81-42-2	1629	1.0509	Per Ad-Membriet								
A 181 Acero forjado o rodado para bridas para tuberías, accesorios y válvulas para servicios generales												
A 181 Acero forjado o rodado para bridas para tuberías, accesorios y válvulas para servicios generales	S 35-9	17175	1.0305	Per Ad-Membriet								
A 181 Acero forjado o rodado para bridas para tuberías, accesorios y válvulas para servicios generales	S 45-8	17175	1.0405	Per Ad-Membriet								
A 181 Acero forjado o rodado para bridas para tuberías, accesorios y válvulas para servicios generales	19 Mo 5	17175	1.0402	Per Ad-Membriet								
A 181 Acero forjado o rodado para bridas para tuberías, accesorios y válvulas para servicios generales	20 Mo 5	17175	1.1133	Per Ad-Membriet								
A 182 Alacón forjado o rodado para bridas para tuberías, accesorios y válvulas para alta temperatura de servicio.												
A 182 Alacón forjado o rodado para bridas para tuberías, accesorios y válvulas para alta temperatura de servicio.	12 Cr Mo 19 5	17902	1.7902	WB-400 A 500								
A 182 Alacón forjado o rodado para bridas para tuberías, accesorios y válvulas para alta temperatura de servicio.	X 10 Cr 13	17440	1.4008	WB-400 A 500								
A 182 Alacón forjado o rodado para bridas para tuberías, accesorios y válvulas para alta temperatura de servicio.	13 Cr Mo 44	17175	1.7335	WB-600 (30) B								
A 182 Alacón forjado o rodado para bridas para tuberías, accesorios y válvulas para alta temperatura de servicio.	13 Cr Mo 44	17175	1.7335	WB-600 (30) B								
A 182 Alacón forjado o rodado para bridas para tuberías, accesorios y válvulas para alta temperatura de servicio.	10 Cr Mo 9 10	17175	1.7300	WB-410 (30)								

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

**COMO DIFERENCIAR EL MATERIAL DEL TUBO CUANDO NO SE TIENE
UN EQUIPO DE IDENTIFICACION DE MATERIALES (METALLURGIC).**

**LOS SIGUIENTES ANALISIS APORTAN UN MEDIO DE IDENTIFICACIÓN Y
DIFERENCIACIÓN ENTRE:**

1. Niquel	2. Monel
3. K- Monel	4. S-Monel
5. Inconel	6. Acero Carbón
7. SAE 3140	8. SAE 4130-4140
9. Carbon Moly Stell	10. 2½ Sicromo
11. 5 Cromoly	12. Acero al 5%Cr
13. Acero al 12% Cr	14. Acero al 17% Cr
15. Acero al 27% Cr	16. Acero al 18-8 Cr
17. Acero al 18-8-3 Cr –Ni-Mo	18. Acero al 25-12 Cr – Ni y 25-20 Cr-Ni
19. Ni resistente	

MATERIAL	COMPOSICION	TRATAMIENTO	T.S PSI	Y:P	Usos
Niquel	23% Cu- 60% Ni	Fundición Laminado en caliente Estirado en frío	65.000 95.000 125.000	30.000 65.000 95.000	Paletas de turbina Ejes de bombas, válvulas de vapor, asientos de válvulas
MONEL	3.5% Fe-3.5% Mg 0.3% C- 0.5%Al 0.5% Si				
K-MONEL	66% Ni-29% Cu- 3% Al	Fundición	65.000	30.000	Fundiciones resistentes a la corrosión
S-Monel	63% Ni-30% Cu- 4% Si	Fundición	85.000	50.000	Válvulas

Carbón Moly Stell	76% Ni-16% Cr- 8% Fe-0.3% C- 1% C-0.2%	Tratado térmicamente			Fundiciones resistentes a la abrasión y al desgaste
2½ Sicromo	0.15% C-1.0% Si- 2.5% Cr- 0.5% Mo	Recocido	50.000	25.000	
5 Chromoly	0.4% C	Tratado térmicamente	115.000	95.000	Partes de maquinas, ejes, engranajes, tornillos para altas temperaturas
5% Cromo		Recocido	75.000	30.000	
12% Cromo		Recocido	75.000	40.000	
Duriron	82% Fe-14% Si- 0.66% Mg				

Al mismo tiempo una diferenciación entre acero fundido, hierro maleable, hierro fundido, Duriron y Ni resistente.

Debe tenerse en cuenta que este procedimiento es aplicable solamente si el material que debe identificarse esta dentro de los enunciados anteriormente. Esta lista incluye la mayoría de los metales y aleaciones que se requiere identificar en nuestro caso; ciertos materiales se han omitido debido a que por este medio su identificación es difícil, a su vez se ha omitido el Semi – Stell, aunque se encuentra en la mayoría de las refinerías pero debido a su composición tan variable solo puede identificarse por procesos metalúrgicos. Materiales requeridos para llevar a cabo este análisis.

1.) Reactivos

Numero 1: 65% (por volumen) solución de ácido nítrico (65cc de HNO_3) añadidos a 35cc de H_2O .

Numero 2: Solución de cloruro de cobre (9grs de CuCl_2 disueltos en 100cc de HCl concentrado.

Numero 3: Mezcla de ácidos (igual volumen de HNO_3 , HCl y H_2O)

Numero 4: 25% (por peso) de solución cáustica (33 grs de H_2SO_4 Concentrados añadidos a 84 cc de H_2O).

Numero 5: Cristales de Ethyl Zantato de Potasio.

Numero 6: 16% (por volumen) ácido sulfúrico (16cc de H_2SO_4

concentrados añadidos a 84cc de H_2O)

Numero 7: Solución de sulfato de cobre (4gr de $CuSO_4$ concentrados añadidos a 83cc de H_2O).

Numero 8: Solución de cloruro de cobre (8gr disueltos en 5cc de HCl concentrado y 95cc de H_2O 9).

Numero 9 : Solución de cloruro de cobre (8gr de $CuCl_2$ disueltos en 15cc de HCl concentrado y 85cc de H_2O).

Numero 10: Mezcla de ácido (53cc de HNO_3 concentrado y 13cc de H_3PO_4 concentrado, añadidos a 34cc de H_2O).

Numero 11: Solución de Dimetilglioxima (1gr Dimetilglioxima disuelto en 50cc de NH_4OH concentrados añadidos a 50cc de ácido acético glacial).

Numero 12: agua destilada.

Nota: los reactivos deben ser chequeados y renovados frecuentemente en especial si se encuentra que están deteriorándose o contaminándose en forma alguna.

La mayoría de las soluciones anteriores son perjudiciales a la piel. **TRATELOS CON CUIDADO.** Si alguna de estas soluciones entra en contacto con el cuerpo, lávese inmediatamente con agua.

2.) Aparatos

Imán de herradura

Martillo de maquinista

Cinzel

Lima plana (suave y rugosa)

Varillas de vidrio de 5" para agitar

Caja de 11 cms de papel de filtro cortado en cuadrantes

Frascos de 20 cc con tapa de gotero

Cubierta para transportar las soluciones

Procedimiento:

Los siguientes ensayos sirven para identificar los metales y aleaciones correspondientes. Un ensayo físico para diferenciar entre acero fundido, hierro maleable, hierro fundido, Duriron y Ni resistente se encuentra en membrete separado. Todos los ensayos de manchas químicas deben realizarse sobre una superficie especular, limpia y brillante preparada usando limas y paños Emery. Cada ensayo requiere una mancha limpia. Una nueva región debe prepararse o usarse la región anterior pero limpiando cuidadosamente.

Ensayos magnéticos

Aplique un imán de herradura al material que se va a identificar. Asegúrese de que no hay material magnético en la vecindad inmediata que afecte el ensayo.

- a. Si no hay atracción entre el material y el imán y el material es K-Monel, S-Monel, acero 18-8 Cr-Ni, acero 18-8-3 Cr –Ni- Mo, acero 25-12 Cr-Ni o acero 25-20 Cr-Ni. Proceda bajo las instrucciones para material no magnético.
- b. Si hay atracción entre el metal y el imán, pero la atracción es apreciablemente menor que la que existe entre el imán y el acero al carbón, el material es Monel, acero trabajado en frío 18-8 Cr-Ni o acero 18-8-3 Cr-Ni-Mo trabajado en frío. Proceda con las instrucciones para material ligeramente magnético.
- c. Si hay una atracción entre el imán y el metal comparable a la atracción entre el imán y el acero al carbón, el material es Níquel, acero con 17% Cr, acero con 27% Cr, 2½ Sicromo, carbón moly stell, Sae 3140, 4140, aceros de la serie 400. Proceda con la recomendación para materiales fuertemente magnéticos.

Materiales no magnéticos.

Aplique una o dos gotas de solución número 1 a la superficie preparada, observe cuidadosamente.

- a. Si la solución reacciona a un color azul verdoso el material es K Monel si es fundido, si la solución reacciona a un color pardo oscuro el material es Ni resistente.
- b. Si no ocurre reacción el material es Inconel, 18-8 Cr-Ni, 18-8-3 Cr-Ni-Mo, 25-12 Cr-Ni o 25-20 Cr-Ni, proceda según numeral 1 abajo.
 - 1.- Aplique una gota de solución # 2 a la superficie preparada, déjela aproximadamente 2 minutos. Añada 2 o 3 gotas de solución # 12 gota tras gota. Observe detenidamente.
 - a.- Si no se deposita cobre el material es Inconel
 - b.- Si se deposita cobre el material es 18-8 Cr-Ni, 18-8-3 Cr-Ni-Mo, 25-12 Cr-Ni, 25-12 Cr Ni, procédase como el caso 2 abajo.
 - 2.- A la superficie preparada añada 1 a 3 gotas de solución # 3 dependiendo del área seleccionada para ensayo. Cuando la reacción termina, añada exactamente el mismo numero de gotas de la solución #4 que añadió de la solución # 3 mezcle cuidadosamente dichos reactivos sobre la superficie. Añada una o más gotas de solución # 6 de acuerdo a los añadidos de solución #3 o hasta que esta mezcla este relativamente clara, mézclelos. Añada unos cristales del reactivo #5 y mézclelos.

a.- si un color rosado pálido aparece (indica la presencia de Mo) el material es 18-8-3 Cr-Ni-Mo.

b.- Si no esta presente el Mo el material es 18-8 Cr-Ni, 25-12 Cr Ni o 25-20 Cr-Ni.

Si se desea distinguir entre 18-8 Cr-Ni y los dos aceros de más contenido de Cr-Ni; Proceda de la manera siguiente:

Pula el material que se esta analizando usando una lima suave.

Recoja las virutas sobre una hoja de papel

Analice las virutas con la ayuda de un imán

Si las virutas son fuertemente magnéticas el material es 18-8 Cr Ni

Si son ligeramente magnéticas el material es 25-12 o 25-20 Cr Ni.

Nota: Es aconsejable usar virutas patrones de estas dos aleaciones, para comparar con el material que se esta analizando.

Materiales ligeramente magnéticos

Aplique 1 o 2 gotas de solución numero 1 a la superficie preparada observe cuidadosamente.

- a. Si la solución reacciona a un color azul el material es MONEL.
- b. Si no ocurre reacción el material puede ser 18-8 Cr-Ni trabajado en frío, o 18-8-3 Cr-Ni-Mo. Para distinguir entre estos dos aceros proceda como en el paso 2 para materiales no magnéticos.

Materiales fuertemente Magnéticos

Aplique 1 o 2 gotas de la solución numero 1 a la superficie preparada observe cuidadosamente:

- a. Si un color amarillo verdoso pálido aparece después de una breve reacción el material es NIQUEL.
- b. Si la solución reacciona a un color marrón oscuro o un verde pálido después de una reacción mas o menos violenta el material es acero carbón, moly stell, 2½ sicromo, SAE 3140 o SAE 4130-4140. Proceda como en el caso (1) abajo.
- c. Si no ocurre reacción el material es 5% Cr (con o sin Mo), 12% Cr, 17% Cr o 27% Cr. Proceda como en el caso (2) abajo.

Aplique 1 o 2 gotas de solución numero 10 a la superficie preparada, luego añada 2 o 3 gotas de solución numero 12, y mézclelas. Coloque un pedazo de papel de filtro sobre la mezcla y presiónelo suavemente.

Añada una o dos gotas de solución numero 11. Si el material presenta apariencia color rosado o a veces cristales de rojo oscuro indican la presencia de NIQUEL. Si predomina el color marrón no hay níquel.

A. Si el NIQUEL esta presente, el material es SAE 3140.

B. Si no hay Níquel presente , el material es acero al carbón, carbón moly, 2½ sicromo o SAE 4130-4140, proceda como en el caso 1 abajo.

1. Ensayo para Mo usando el procedimiento dado en el caso 2 para materiales no magnéticos excepto después de realizar el paso de añadir reactivo numero 5 ; coloque una parte de la muestra final sobre un papel de filtro y expóngalo a la luz; si un ligero color rosado pálido aparece el Mo esta presente; si no aparece el color, espere cinco minutos y luego observe el papel de filtro de nuevo y observe si el color rosado aparece.

a. Si el **Mo** no esta presente el material es acero al carbón.

b. Si el **Mo** esta presente el material es carbón moly, 2½ sicromo o SAE 4130-4140, estas tres aleaciones se usan comúnmente en:

SAE 4130-4140 solamente en partes para maquinas, 2½ Sicromo solamente en partes

tubulares, carbón moly.- No tubulares o partes para maquinas.

2. aplique una o dos gotas de solución numero 7 a la muestra preparada, observe cuidadosamente.

a. Si el cobre se deposita inmediatamente, el material es acero 5% Cr sin o con Mo. Si se desea conocer la presencia de **Mo**, el ensayo a realizar es el numero 2 para materiales no magnéticos.

b. Si el cobre no se deposita inmediatamente el material es acero al 12% , 17% o 27Cr, proceda como el caso 1 abajo.

1. Aplique 1 gota de solución numero 8 a la superficie preparada, observe cuidadosamente, si el cobre se deposita en un tiempo de 15 segundos, el material es acero 12% Cr, si no se deposita el cobre dentro de este tiempo el material es 17% o 27% Cr.

ACERO FUNDIDO, HIERRO MALEABLE, HIERRO FUNDIDO, NI RESISTENTE, DURION

Coloque un imán de herradura al material que se va a identificar.

- a. Si el material es no magnético , será **Ni** resistente.

- b.** Si el material es magnético , es acero fundido, hierro maleable, duriron o hierro fundido; proceda como el caso 1 abajo.

1. Aplique unas gotas de solución numero 1 a la superficie preparada.

Si no ocurre ninguna reacción, el material es DURIRON. Si se tiene una reacción apreciable, , el material es acero fundido , hierro maleable o hierro fundido.

Con un cincel y un martillo obtenga unas virutas del metal, si las virutas tienen la forma de espirales el material es acero fundido.

Si las virutas no forman espirales el material es hierro maleable; si estas son frágiles el material es hierro fundido.

Nota:

- a.** Es aconsejable tratar este ensayo en material conocido, antes de identificar una muestra desconocida.
- b.** Si estamos en el campo y no contamos con los reactivos enunciados se puede hacer una verificación rápida mirando la nomenclatura escrita en las bridas.
- Si es ASTM A 182 F5 el material es 5% cromo.
Si es ASTM A 105 o ASTM A 181 es material acero al carbón.
Si es ASTM A 182 F 304-316-321-347 es inoxidable austenítico.
- c. Tenga en cuenta:** Los inoxidables después de soldados las zonas de las soldaduras y zona haz son magnéticas, tenga esto presente para no confundirse.

AISLAMIENTO DE TUBERIAS

Los circuitos de tuberías se les instala aislamiento en el exterior del tubo dependiendo la temperatura del fluido transportado, tuberías que transportan fluidos calientes se les instala normalmente aislamiento en Perlita Expandida para conservar la temperatura en su recorrido, circuitos de tuberías que transportan fluidos fríos se les instala aislamiento en Cellular Glass o poliuretano.

En algunos casos el solo aislamiento no es suficiente para la conservación de la temperatura y puede ocasionar taponamiento en el interior de la línea; cuando este es el caso se le instala en el exterior del tubo unos tubos de diámetro $\frac{3}{4}$ " o 1" pulgada los cuales transportan vapor de 150# o 50#. Esos tubos son llamados tracing de calentamiento, este sistema esta pasando de moda y hoy día se esta instalando Tracing eléctrico en algunos circuitos dependiendo la criticidad de estos.



AISLAMIENTO

TABLA DE ESPESOR DE AISLAMIENTO PARA LÍNEAS QUE TRANSPORTAN FLUIDOS CALIENTES DEPENDIENDO TEMPERATURA DE OPERACION

DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO	TEMPERATURA °F									
	70 a 300	301 a 400	401 a 600	601 a 800	801 a 1000	1001 a 1100	1001 a 1200	1201 a 1300	1301 a 1400	1401 a 1500
	ESPESOR DE LA INSULACION									
1½" Y MENORES	1½"	1½"	2"	3"	3½"	3½"	4"	4"	4½"	4½"
2"	1½"	1½"	2"	3"	3½"	3½"	4"	4"	4½"	5"
3"	1½"	2"	2½"	3½"	3½"	4"	4"	4½"	5"	5½"
4"	1½"	2"	2½"	3½"	4"	4"	4½"	5"	5½"	6"
6"	2"	2"	3"	3½"	4"	4½"	4½"	5"	5½"	6"
8"	2"	2½"	3"	4"	4½"	4½"	5"	5½"	6"	6½"
10"	2"	2½"	3"	4"	4½"	5"	5"	5½"	6"	7"
12"	2"	2½"	3½"	4"	5"	5½"	5½"	6"	6½"	7"
14"	2"	2½"	3½"	4½"	5"	5½"	6"	6"	6½"	7"
16"	2"	2½"	3½"	4½"	5"	5½"	6"	6"	6½"	7½"
18"	2½"	3"	3½"	4½"	5½"	5½"	6"	6"	7"	7½"
20"	2½"	3"	3½"	4½"	5½"	5½"	6"	6"	7"	7½"
24"	2½"	3"	3½"	4½"	5½"	6"	6"	6½"	7"	8"

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

30"	2½"	3"	3½"	4½"	5½"	6"	6"	6½"	7"	8"
36"	2½"	3"	3½"	4½"	5½"	6"	6"	6½"	7½"	8"
MAYORES A 36"	2½"	3"	4"	5"	6"	6½"	7"	7"	8"	8"
CAPA SENCILLA DE INSULACION				MÚLTIPLES CAPAS DE INSULACION						

Tener en cuenta cuando se recomienda instalación de aislamiento en la refinería se utiliza perlita expandida para tuberías que operan a temperatura 60° F hasta 650°F ; el aislamiento debe cumplir con ASTM C 168.

ASTM A 795 para uso en tuberías de material inoxidable austenítico.

Nota:

- Materiales aislantes que contengan cloruros mayor a 150 ppm de acuerdo con ASTM C 871 no deben ser instalados en material acero austenítico porque le causan CUI
- Toda tubería de material acero al carbón que se aisle y trabaje a temperatura por debajo de 250° F debe aplicársele pintura anticorrosiva epoxipoliámina o epoxi fenólica.
- El foil de aluminio debe cumplir con ASTM B 209; aleación de aluminio 1100 o 3105 con recocido # 14 espesor 0,010".
- El zuncho debe ser de fiber glass reforzado de ¾" de ancho para tuberías menores a 16", para tuberías diámetro 16" y mayores el zuncho debe ser en material SS 304/316 ancho ½" y 0,020" de espesor.
- Se debe recomendar la instalación de tapones de inspección para ensayos no destructivos.
- Donde trafican personas encima de las tuberías se debe instalar chaquetas para tuberías CHILDER CORROLON o RPR Ric-corr de 3/16" espesor.

QUE ES UN CIRCUITO DE TUBERIA

CIRCUITO DE TUBERÍA: es una sección de tubería que tiene todos los puntos expuestos en un ambiente de corrosividad similar y que es de condiciones de diseño y material de construcción similares.

Para ejecutar como diseñador de circuitos de tubería y/o inspector se debe estar familiarizado con lo expuesto hasta la página 120 de este libro.

LO QUE SE DEBE TENER EN CUENTA PARA DISEÑAR UN CIRCUITO DE TUBERIA

CONSIDERACIONES GENERALES Y CRITERIOS DE DISEÑO

El diseño de un sistema de tuberías consiste en el diseño de sus tuberías, brida y su tornillería, empacaduras, válvulas, accesorios, filtros, trampas de vapor juntas de expansión. También incluye el diseño de los elementos de soporte, tales como zapatas, resortes y colgantes,

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE TUBERÍAS

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

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

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

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

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

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

NORMAS DE DISEÑO

Las normas más utilizadas en el análisis de sistemas de tuberías son las normas conjuntas del American Estándar Institute y la American Society of Mechanical Engineers ANSI/ASME B31.1, B31.3, etc. Cada uno de estos códigos recoge la experiencia de numerosas empresas especializadas, investigadores, ingenieros de proyectos e ingenieros de campo en áreas de aplicación específicas, a saber:

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

En lo que concierne al diseño todas las normas son muy parecidas, existiendo algunas discrepancias con relación a las condiciones de diseño, al cálculo de los esfuerzos y a los factores admisibles

CARGAS DE DISEÑO PARA TUBERÍAS

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

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

Cargas por la presión de diseño

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

Cargas por peso

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

Cargas dinámicas

- a) Cargas por efecto del viento, ejercidas sobre el sistema de tuberías expuesto al viento
- b) Cargas sísmicas que deberán ser consideradas para aquellos sistemas ubicados en áreas con probabilidad de movimientos sísmicos
- c) Cargas por impacto u ondas de presión, tales como los efectos del golpe de ariete, caídas bruscas de presión o descarga de fluidos
- d) Vibraciones excesivas inducidas por pulsaciones de presión, por variaciones en las características del fluido, por resonancia causada por excitaciones de maquinarias o del viento.

CLASES DE FLUIDOS (API RP 574)

FLUIDO CLASE 1 TOXICOS: Ácidos, soda c2/c5.

FLUIDOS CLASE 2 GASES: Gasolina, Acpm, GLP hidrocarburos en general.

FLUIDO CLASE 3 Combustibles: Aire, Agua, Condensado, Soda, Bepp- Co2-H2, Crudo, Vapor, N2.

Para Fluidos 1 y 2 el CA permitido es 0,125".

Para fluidos clase 3 el CA permitido es 0,0625".

CA= Corrosión permitida.

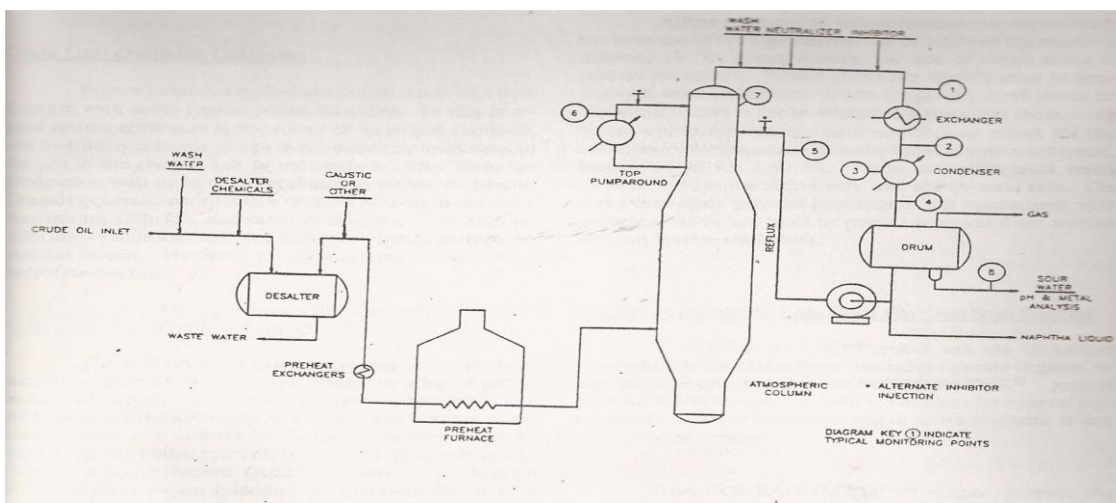
INSPECCION DE TUBERIAS

En la refinación primaria carga de crudo a plantas TOPPING los crudos arrastran del pozo sales de calcio, magnesio y sodio. Las de calcio y magnesio se hidrolizan durante el proceso y facilitan con ello la producción de ácido Clorhídrico en los sitios en donde la temperatura alcanza el unto de rocío del agua. Las sales de sodio no se hidrolizan fácilmente.

Por ello la primera acción que se realiza es pasar el crudo que se carga a planta Topping a un sistema de desalado con el propósito de disminuir los niveles de sal.

La segunda acción es inyectar soda al desalador con el propósito de tratar de convertir al máximo las sales que aun quedan de calcio y magnesio en sales de sodio.

Las sales que aun pasen y lleguen a hidrolizarse, son inmunizadas a través de la inyección de Amoniaco, el cual actúa como neutralizante del ácido clorhídrico formado para evitar corrosión severa del ácido sobre el acero al carbono.



Pese a todos los cuidados referidos el ácido clorhídrico alcanza a pasar formando corrosión en las tuberías, por ese motivo el inspector de tuberías debe estar familiarizado con la corrosión para saber donde realizar la inspección.

Los circuitos de tubería se les debe hacer medición de espesor al momento de su instalación; teniendo en cuenta que los tubos y accesorios el fabricante le da un \pm valores contenidos en ASME sección II; esto con el fin de tener certeza en la velocidad de corrosión cuando se haga nuevamente medición de espesor.

Si se hace medición de espesor al momento de ser instalada nueva la tubería es recomendable hacer la segunda medición de espesor mínimo a los 5 años para conocer su condición actual y verificar la velocidad de corrosión.

Dependiendo de los resultados obtenidos en esta inspección se puede determinar cada cuanto tiempo hacer inspección nuevamente para esto se debe tener en cuenta cambios operacionales que pueden afectar la velocidad de corrosión.

Las tuberías y accesorios según la Shell Global Solutions vienen diseñadas para un tiempo específico ver tabla en la siguiente página.

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

Expansion Joint Failure	Aplicación específica	> 25 años
Pipe Straining	Aplicación específica	> 25 años
Flange Leak	Aplicación específica	> 25 a 100 años
Soporte estructural	Aplicación específica	> 75 a 100 años
Insulation failure	Aplicación específica	> 25 años
Valve passing	Aplicación específica	> 25 años
Valve Stem packing leakage	Aplicación específica	> 25 años
Valve blocked (fouling)	Aplicación específica	> 25 años
Ejector nozzle erosion	Aplicación específica	> 25 años
Fouling /coking	Aplicación específica	> 25 años
NRV passing	Aplicación específica	> 25 años

QUE RECOMIENDA EL API 570 PARA LA INSPECCION DE TUBERIAS

La recomendación del API 570 Son:

Inspección basada en riesgo RBI

Inspección para tipos específicos de corrosión y agrietamiento; este ítem está conformado por:

- Puntos de inyección
- Zonas de flujo estancado
- Corrosión bajo aislamiento (cui)
- Interfase suelo-aire
- Servicio específico y corrosión localizada.
- Erosión y corrosión
- Agrietamiento debido al medio específico
- Corrosión entre los revestimientos y depósitos.
- Agrietamiento por fatiga
- Agrietamiento por termo fluencia
- Fractura frágil
- Daño por congelamiento

INSPECCION BASADA EN RIEZGO

Esta inspección se hace cuando se conoce el historial de un circuito o línea determinada; haciendo análisis de los datos que pueda tener se determina donde y cuando hacer la inspección y la toma de datos.

Es recomendable tener en cuenta el rango de espesor que se puede encontrar en tuberías nuevas.

Por lo que se hace estrictamente necesario para hacer el **RBI** y calcular el **MPY** hacer toma de espesor a las tuberías nuevas que se instalen; esta medida nos da el desgaste verdadero de un tubo cuando se haga medición de espesores nuevamente.

Nota: En una parada de planta se hizo medición de espesor a codo nuevo sch 40 diámetro 4" calibrando espesor de 0.176" vs 0.237" espesor original. Si este espesor 0.176" se hubiese

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

encontrado 5 años después de instalado el tubo se estaría pensando que la velocidad de corrosión es de 0.0122" que no es real.

PUNTOS DE INYECCION

Son localizaciones donde cantidades de fluido relativamente pequeños son inyectados en corrientes de proceso. Los puntos de inyección no son iguales a las **T** mezcladoras.

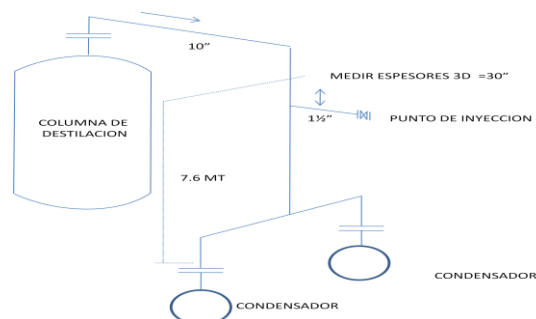
Ejemplo de fluidos inyectados en un punto de inyección: Cloro en reformadores, Inyección de agua en sistemas superiores, Inyección de polisulfuro en gas húmedo de ruptura catalítica, inyecciones anti celulares, inhibidores y neutralizantes.

Las mediciones de espesores en los puntos de inyección deben hacerse en cuadrícula el API recomienda hacer medición de espesores 3 diámetros aguas arriba y 7.6 metros aguas abajo.

En algunos puntos de inyección se le aplica overlay con soldadura dura interiormente; la soldadura a utilizar es AWS A 5.21: R Co-Cr A.

También se hace lo que llamamos enmantequillado con Electrodo 309Mo + Stelleite.

EJEMPLO DE PUNTO DE INYECCION



Forma de presentarse Corrosión aguas abajo de punto de inyección

La corrosión en puntos de inyección se puede presentar en cualquier sector en los 360° del tubo; por ese motivo la medición de espesor en puntos de inyección se debe hacer en forma de barrido.

INSPECCION DE CUI

La inspección externa de sistemas de tuberías aisladas debe incluir una revisión de la integridad del sistema de aislamiento para las condiciones que pudieran guiar a la corrosión bajo aislamiento.

Estas fuentes son: fuentes de humedad como la lluvia, fuga de agua, condensación y sistemas de diluvio (deluge).

Las formas mas comunes de CUI son corrosión localizada de aceros al carbono agrietamiento por esfuerzo (stress corrosión cracking) de cloruro en los aceros inoxidables austeniticos.



CORROSION UNDER INSULATION CUI

ZONA DE FLUJO ESTANCADO (PUNTO MUERTO)

Los puntos muertos o zona de flujo estancado son componentes de un sistema de tuberías que normalmente permanecen con fluido; pero el fluido no llega a ninguna parte.

Ejemplos: ramales, líneas con válvulas que normalmente permanecen cerradas, líneas con un final en brida ciega, tubería de desviación de válvulas de control, tubería de bomba de auxiliar, tubería de cabezal de salida y admisión de válvulas de relevo, puntos toma muestra, drenajes, grifos de purga etc.

El rango de corrosión en estos sectores puede variar significativamente de las tuberías adyacentes. Las zonas de flujo estancado requiere medición de espesores por cuadrícula para localizar la corrosión. Se debe considerar el retiro de los puntos de flujo estancado que no sirven para el proceso.



PUNTO MUERTO O FLUJO ESTANCADO

INTERFASE SUELO AIRE

Las interface suelo aire se refiere a tuberías enterradas sin la protección catódica adecuada se deben incluir en la inspección de tuberías externas programadas.

La inspección debe chequear los daños de revestimiento, ductos descubiertos y medidas de profundidad de la excavación.

Si se ve corrosión significativa en el recubrimiento que sobresale de una línea enterrada; se debe , recomendar la excavación para ver si la corrosión es localizada en la interface suelo aire o si la corrosión es mas significativa en el sistema enterrado.

Si las tuberías tienen la protección catódica satisfactoria como lo determina la sección 9 de ASME, la excavación es requerida solo si hay evidencia de daño en la cinta de recubrimiento aislante o del revestimiento.

Si la tubería se observa sin recubrimiento en el extremo que sobresale se debe considerar la excavación de 6" a 12" de profundidad para evaluar el potencial del daño escondido (hidden). La tecnología moderna tiene equipos como el **PCM (Pipeline Current Mapper)**, el cual muestra si la tubería enterrada tiene el aislamiento en buenas condiciones o no.

DONDE ENCONTRAR LA CORROSION LOCALIZADA

- a. Aguas abajo de puntos de inyección y aguas arriba de separadores de productos, tales como en tuberías de afluencia (effluent) del reactor de hidrógeno.
- b. Corrosión de punto-rocío en vapores condensantes, tales como fraccionamiento superior.
- c. La corrosión debajo de los depósitos en mezclas aguadas (slurries), soluciones cristalizantes o fluidos de producción de coque (coke).

DONDE ENCONTRAR EROSION CORROSION

Corriente abajo de válvulas de control, especialmente cuando ocurre flashing.

- Aguas abajo de platinas de orificio (downstream) .
- Aguas abajo de descargas de bomba.
- En algún punto del cambio de dirección de corriente, tal como los radios internos y externos de los codos (elbows).
- Aguas abajo de las configuraciones de tuberías (tales como soldaduras, termopozos (thermowells) y bridas) que producen turbulencia, particularmente en sistemas de sensitiva velocidad tales como los sistemas de ácido sulfúrico e hidrosulfuro de amonio.

Esta inspección se debe hacer con ensayos no destructivos como corrientes de eddy exploración ultrasónica, perfil radiográfico.

DONDE ENCONTRAR AGRIETAMIENTO POR AMBIENTE DE SERVICIO

SCC De cloruro de aceros inoxidable austeníticos debido a la humedad y bajo aislamiento, debajo de depósitos, debajo de los empaques, o en hendiduras.

SCC De ácido poliónico de aceros aleados austeníticos sensibles debido a la exposición de sulfuro, condensación de humedad u oxígeno este tipo de corrosión en la refinería se encuentra en planta Unibón e hidrogeno detectada únicamente por ensayo de líquidos penetrantes

SCC Cáustico (algunas veces conocido como fragilización cáustica).

SCC De amina en sistemas de tuberías que no están relevados de esfuerzos.

SCC De carbonato

SCC En ambientes donde existe el sulfuro de hidrogeno húmedo, tales como los sistemas que contienen aguas amargas.

Ampolla miento por Hidrógeno y daño de (HIC) agrietamiento inducido por hidrógeno.

FRACTURA FRAGIL

La mayoría de las fracturas frágiles han ocurrido en la primer aplicación de un grado de esfuerzo particular (esto es, la primera prueba hidrostática o sobrecarga).

A menos que los defectos críticos estén introducidos durante el uso. El potencial para una falla frágil será considerado cuando se pruebe hidrostáticamente y mas cuidadosamente se evalúe, cuando se examine el equipo neumáticamente o cuando se agregue algunas otras cargas adicionales.

Atención especial debe ser dada a aceros de baja aleación (especialmente al material de 2 ½ Cr-1 Mo), porque estos pueden estar propensos a fragilidad por temperatura. Y los aceros inoxidable ferríticos .

DAÑOS POR CONGELACION

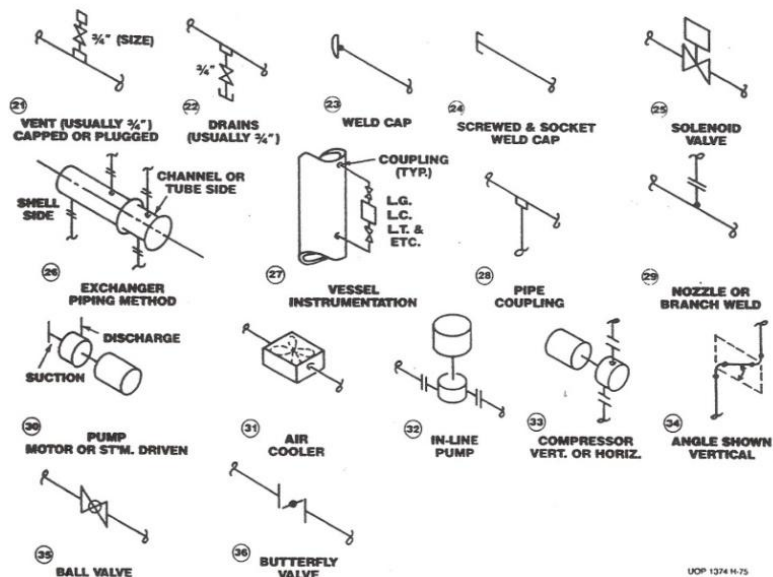
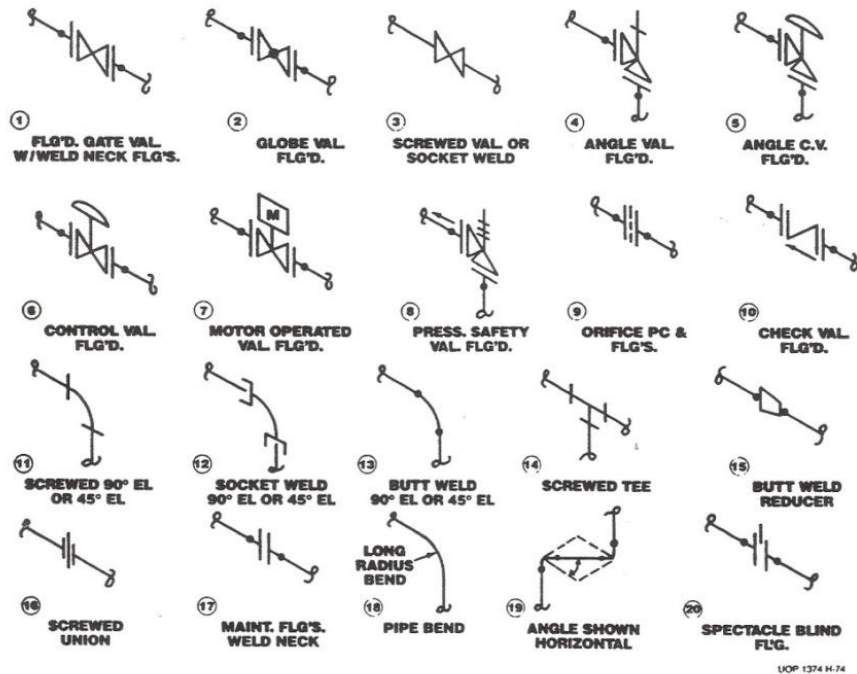
A temperaturas subcongelantes, el agua y las soluciones acuosas en sistemas de tuberías pueden congelar y causar fallas por la expansión de estos materiales.

Después de un inesperado clima congelante severo, es importante chequear los daños por congelamiento en componentes de tuberías expuestos antes de que el sistema deshiele.

Si ha ocurrido agrietamiento, la fuga puede ser temporalmente prevenida por el fluido congelado.

Puntos bajos, soportes purgadores (driplegs) y zonas de flujo estancado (deadlegs) de los sistemas de tuberías con agua; deben ser cuidadosamente examinados por daño.

LOS DIBUJOS MUESTRAN LOS SIMBOLOS QUE NOS MUESTRA UN ISOMETRICO



LOS DIBUJOS SIGUIENTES SON TIPICOS ISOMETRICO PARA INSPECCIONAR

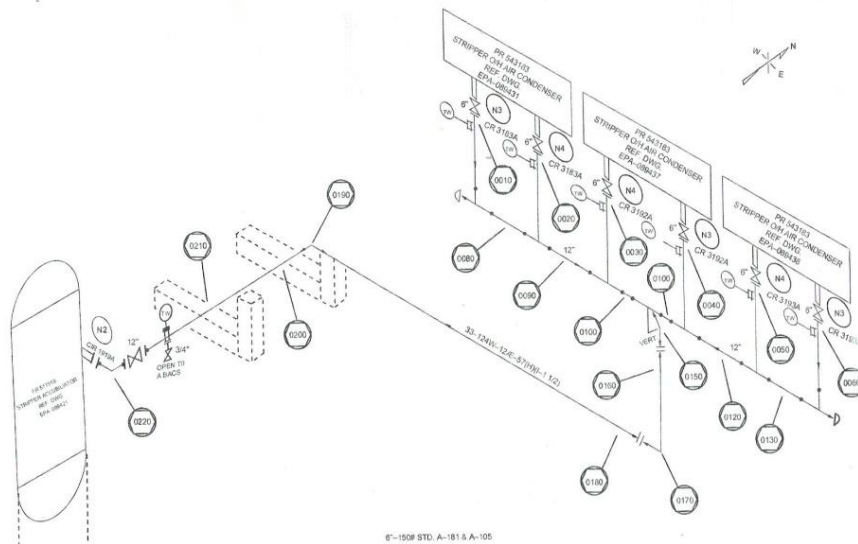
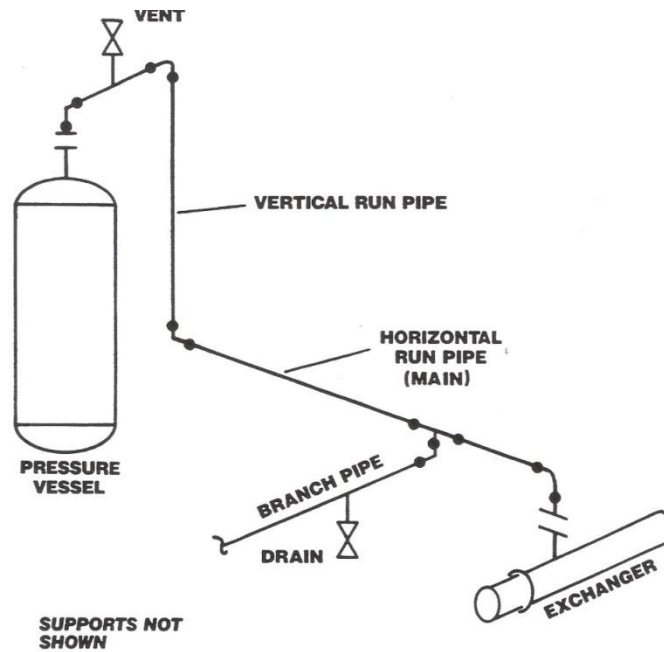


Figure 21—An Example of a Typical Piping Circuit

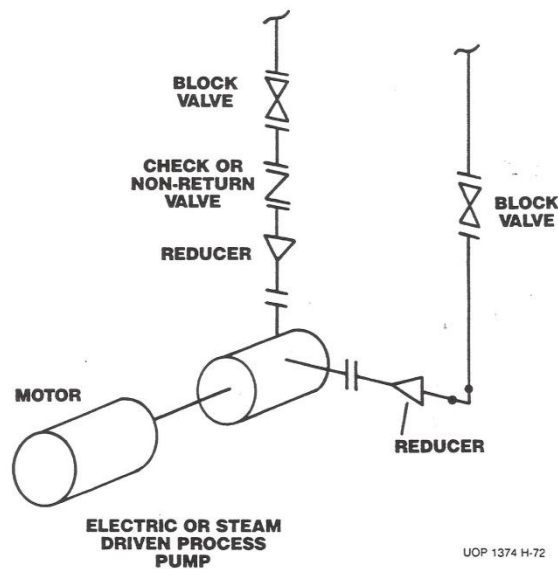
Note: Balloon Symbols Indicate Positions of Circuit TMLs.



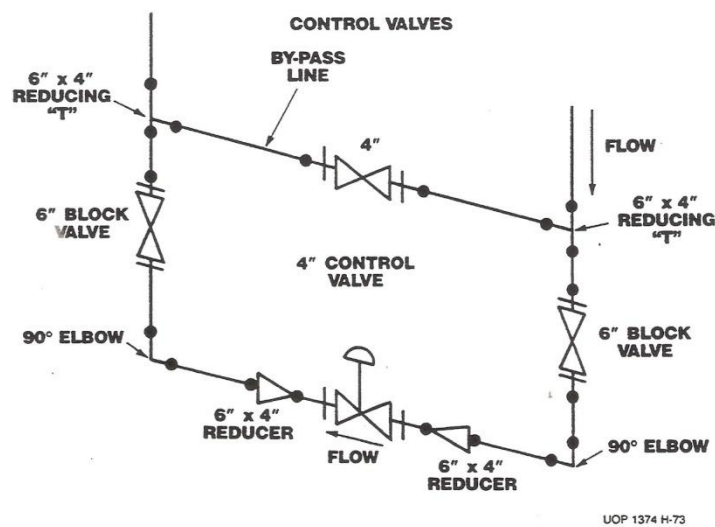
En el siguiente dibujo se observa un arreglo para un sistema de bombeo

Lo mostrado en el lado derecho representa la succión.

Lo mostrado en el lado izquierdo representa la descarga.



EL DIBUJO NOS MUESTRA UN TIPICO ARREGLO DE UN CUADRO DE CONTROL



CON TODOS LOS DATOS ANTERIORES PROCEDEMOS A REALIZAR LOS SIGUIENTES TIPOS DE INSPECCION

- 1 Inspección visual interna y externa.
- 2 Medidas de espesor
- 3 Inspección por HT (Hammer testing).

HERRAMIENTA REQUERIDA PARA INSPECCION VISUAL Y MEDICION DE ESPESORES

- 1-Equipo de medir espesor previamente calibrado
- 2-Patron de calibración
- 3-Acoplante
- 4-Lima y lija.
- 5-Iman
- 6-Lupa
- 7-Razqueta
- 8-Martillo
- 9-Medidor de picadura.
- 10-Metro
- 11-Camara fotográfica.
- 12-Isometrico o dibujo de la línea a inspeccionar con los sitios donde se hará toma d espesor.

NOTA

Los equipos nuevos de medición de espesores vienen para calibrar espesores sin retirar la pintura aplicada en el tubo. Pero requiere que la pintura este bien adherida a la pared del tubo a inspeccionar.

Cuando la pintura no esta bien adherida el equipo no mide espesor, por ese motivo se requiere retirar la pintura con la lima o la lija.

QUE ES INSPECCIÓN VISUAL

1. Constituye el elemento básico de inspección masiva
2. Económicamente muy efectivo.
3. Limitada a detectar defectos que afloran a la superficie

INSPECCION VISUAL INTERNA

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

Para hacer esta inspección se requiere que la línea se encuentre con su **SAS** instalado (sistema de aislamiento seguro); el sistema de aislamiento seguro consiste en instalarle lo que comúnmente se llama CIEGO a todas las líneas que hagan parte del sistema a ser inspeccionado.

QUE ES UN CIEGO

Ciego es una platina con el mismo diámetro del empaque instalado; cuyo espesor varía de acuerdo con el RATING de la brida.

Existen 2 sistemas de ciego uno llamado figura en 8; otro llamado por ASME Paddle Blank (figura de canaleta).



Figura en 8

La figura en 8 permanece constante en la línea cuando esta se encuentra transportando fluido; en ese momento queda instalada dejando pasar el fluido; cuando la tubería se saca de servicio se gira quedando bloqueada.

Los ciegos son fabricados de acuerdo con la norma ASME B 16.48; el ASME B 16.48 da las medidas de espesor y diámetro con las cuales deben ser fabricados.

La inspección interna se hace cuando las tuberías son de diámetros grandes.

Cuando se hace esta inspección se debe hacer similar a lo indicado en el **API 510**.

También en diámetros menores se puede hacer con técnicas de inspección remotas.

En la inspección interna se deben revisar minuciosamente:

- Las zonas haz de las soldaduras y las soldaduras.
- Revisión minuciosa de las laminas cilíndricas que forman el tubo verificando que no tenga ninguno de los defectos vistos en la muestra de la pagina 134; ante cualquier duda se solicitara ensayo no destructivo Partículas magnéticas, líquidos penetrantes o ultrasonido de defectología.
- Verificar el área de sello de la brida y tapa del sitio por donde se ingresa a realizar la inspección.

INSPECCION VISUAL EXTERNA A TUBERIAS NO AISLADAS Y AISLADAS

La inspección visual externa se puede ejecutar con las tuberías en uso. ver las practicas referidas en API 574.

TUBERIAS NO AISLADAS

Esta inspección se hace para determinar la condición externa de la tubería:

- Se inspecciona el desalineamiento de la tubería.
- Soportería
- Escapes por Válvulas
- Verificar que no exista escapes por las uniones embridadas de la válvula (cuerpo bonete, unión con tubería).
- Que no exista escape por el prensaempaques o brida prensaestopas.
- Escapes por uniones de las bridas.

- Inspección de tracing de calentamiento si el circuito de tubería tiene instalado.
- Inspección de tapones
- Inspección de los drenajes y venteos.
- Inspección de soldaduras.
- Grapas en tubería.

Hacer énfasis en la inspección de los drenajes y venteos puesto que estos actúan como zona de flujo estancado (punto muerto).

Énfasis en los cordones de soldadura de un circuito cuando este no es aislado para detectar agrietamiento por esfuerzos.

Cuando observe cosas extrañas en el tubo ejemplo grapas en los circuitos de tubería; estas son instaladas cuando la línea se rompe en operación; deben ser retiradas e inspeccionar para detectar el sitio de la rotura y hacer los correctivos necesarios ejemplo cambiar el tubo o reparar.



Grapa instalada por rotura



ESCAPE POR PRENSAEMPAQUES

GRAPA POR ROTURA

INSPECCION VISUAL LÍNEAS QUE TRANSPORTAN AGUA

Las líneas que transportan agua en su interior se acumula sedimentos; los sedimentos causan corrosión por depósitos y rotura posterior de a línea; pero tienen una característica y es que los mismos depósitos taponan el orificio de salida con el tiempo.

El inspector observa la línea y externamente y ve una capa parecida al oxido. Ver foto.



Escape por soldadura



LINEA DE AGUA TAPONADA POR SEDIMENTOS

INSPECCION VISUAL SISTEMAS DE AMINA

Las líneas que transportan aminas requiere inspección visual externa, centrando la inspección en las juntas soldadas; juntas tubo con tubo, tubo con niple, tubo con bridas; para localizar escapes estos se pueden presentar en zona haz de soldaduras o por las propias soldaduras cuando los alivios no son realizados correctamente.

ESCAPES POR LAS SOLDADURAS EN UN SISTEMA DE AMINA



ESCAPE POR SOLDADURAS CIRCUITO MEA POBRE

INSPECCION DE TUBERIA CON CORROSION EXTERNA

La corrosión externa requiere ser evaluada teniendo en cuenta la forma como se presenta y porque se presenta.

Se presenta en forma de picaduras agrupadas formando erosión; a simple vista nos causa impresión porque pareciera que su profundidad estuviera superior al 1/8"; pero requiere hacerse limado o esmerilado del sitio con picadura hasta poder hacer medición de espesor; solo así sabremos el estado real del tubo.



Tubo con corrosión externa



Espesor real

Para no cometer errores dejándonos impresionar por la corrosión externa se hace necesario la toma de espesor al tubo corroído para esto hay que limar la corrosión hasta poder hacer la medición de espesor.

TUBERIAS AISLADAS

Se debe hacer inspección mirando las uniones entre foil de aluminio; si se observa mancha de hidrocarburo en alguna unión se debe recomendar el retiro del foil de aluminio, para verificar que no exista rotura de la línea.

El inspector debe estar presente cuando se retire el foil y el silicato para detectar en que punto se encuentra la falla.

PORQUE SE PRESENTA LA CORROSION EXTERNA EN LÍNEAS QUE TRANSPORTAN FLUJOS CALIENTES

En mi experiencia la corrosión externa en tuberías que transportan flujos calientes se presenta por:

- a. Al tubo se le instala aislamiento pero la temperatura de operación es menor a 150°F; en este caso se condensa la humedad entre el aislamiento y el tubo formando la corrosión.
- b. El aislamiento no queda bien protegido de la humedad.
- c. Envejecimiento del aislamiento.

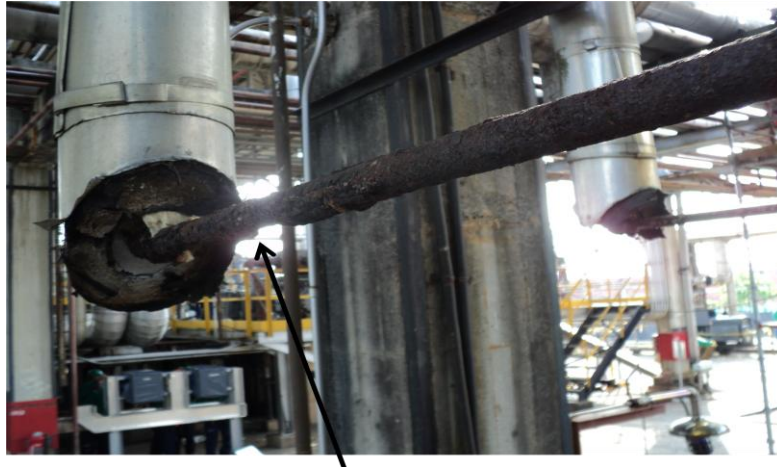


Ejemplo de envejecimiento del aislamiento

PORQUE SE PRESENTA LA CORROSIÓN EXTERNA EN LÍNEAS QUE TRANSPORTAN FLUJOS FRÍOS.

- a. Se presenta por envejecimiento del aislamiento
- b. Filtración de humedad por una mala instalación del foil de aluminio.
- c. El tubo no fue bien preparado para aplicarle recubrimiento (anticorrosivo) antes de instalar el aislamiento.

En la inspección de líneas frías se debe tener máximo cuidado en la inspección de los drenajes y venteos; es allí donde es más susceptible de presentarse las fallas.



CORROSION POR AISLAMIENTO EN MAL ESTADO

FORMA DE EVALUAR GOLPES O ABOLLADURAS EN TUBERIAS

Los golpes o abolladuras se deben evaluar de la siguiente manera:

- a. Medir la profundidad del golpe.
- b. Medir el área del golpe o diámetro.
- c. Si se observa entalle en el golpe este debe ser revisado con tintas penetrantes o partículas magnéticas.
- d. Para el caso del acero inoxidable el ASME acepta profundidad de 1/32"; si se pasa de esta profundidad recomienda retirar la pieza afectada.

FORMAS DE EVALUAR LA CORROSION

El API 1160 nos da las siguientes pautas para evaluar corrosión:

Corrosión ligera se presenta con pérdida de metal de 10% al 30%.

Corrosión Moderada se presenta con pérdida de metal del 30% al 50%.

Corrosión Severa se presenta con pérdida de espesor mayor a 50%.

El tubo se debe cambiar cuando espesor de pared es menor o igual espesor de corrosión severa.

INSPECCION DE CABEZALES DE VAPOR

El vapor se genera en las calderas y transportado hacia las unidades a través de tuberías llamados cabezales.

De la caldera el vapor sale como vapor de 600# o vapor de 400# luego es degradado para convertirlo en vapor de 150#, vapor de 50# y vapor de 25# o vapor de servicio.

El vapor de 600# y vapor de 400# por la temperatura que mantiene de 900° y 720°F permanece seco durante su recorrido no forma focos de corrosión ni internamente ni externamente.

El vapor de 600# y 400# son utilizados para mover turbomaquinaria en la generación eléctrica. Los otros vapores de 150#, 50# y 25# en su recorrido alcanzan a condensarse por ese motivo a los cabezales se les instala una bota; la bota es un tubo de aproximadamente 2 pies de largo; los condensados llegan a la bota y son expulsado hacia el exterior por medio de una trampa; la trampa es la válvula de seguridad de un cabezal de vapor.

Los cabezales de vapor se deben inspeccionar visualmente en la inspección se debe inspeccionar el correcto funcionamiento de las trampas.

Cuando la trampa funciona mal se desperdicia condensado y si no funcionan correctamente pueden causarle daño a la línea por el golpe de ariete.

Recuerde 1 lb de agua se convierte en 15000 lb de vapor.

Los espesores que se tomen en el material de la línea que transporta vapor no son reales; pues con las temperaturas el material sufre dilatación.

Problemas comunes que se observan en la inspección de cabezales de vapor: Escape por uniones bridadas.



LA RANURA QUE PRESENTA LA BRIDA OCASIONO ESCAPE DE VAPOR

Escape por cuerpo de válvulas, escape por prensaempaques; estos escapes son difíciles de corregir porque requiere cambio de la válvula o de la unión bridada donde se encuentra el escape; sacar de operación un cabezal de vapor implica sacar de operación varias plantas.

Se hacen algunos trabajos para corregir estos escapes que aunque no cumplen con ninguna norma han dado buenos resultados.

El trabajo consiste en instalar cinta metálica en la unión bridada con escape o en los cuerpos de las válvulas y cambiar la totalidad de las tuercas cambiándolas por tuercas cachucha e instalándole arandelas.

Las arandelas son fabricadas en material cobre ASTM B 152 tipo A, a este material se le hace un recocido antes de hacer la arandela, calentándolo a una tasa de 250°F/H hasta 1000°F, sostener una hora, apagar el horno y dejando enfriar la lamina dentro del horno.

La cinta a instalar debe tener una válvula diámetro 1" dependiendo el diámetro de la válvula o brida a encintar; esta válvula se utiliza para que el condensado salga mientras se ejecuta el proceso de soldadura, una vez terminado el proceso de soldadura se debe instalar una trampa de vapor en el

orificio de la válvula de 1" con el fin de impedir que se acumule condensado el cual puede fracturar la soldadura de la cinta.

Nota: en una ocasión la línea de vapor de 150# sufrió rotura por mal funcionamiento de la trampa ocasionado un estruendo grande (ruido) y para poder hacer la reparación se hizo necesario parar algunas plantas.

Inspección de equipos (ATP) aprovecho la ocasión y se saco una muestra de material se envió al ICP para análisis metalografico y análisis de impacto, el informe fue que el material se encuentra en buenas condiciones, la falla se origino por las zona soldada.

INSPECCION DE JUNTAS DE EXPANSION

Las juntas de expansión se inspeccionan visualmente y por END.

Visualmente se hace inspección del caño guía para verificar que se encuentre bien instalado y que no tenga corrosión.

Inspección visual de los fuelles para detectar que no tengan deformación, roturas o agrietamientos visibles.

Pruebas en juntas de expansión.

Conforme a **E.J.M.A.** hay dos clases de pruebas o ensayos aplicables a juntas de expansión.

NO DESTRUCTIVOS

DESTRUCTIVOS

NO DESTRUCTIVOS

Examen radiográfico utilizado en la evaluación de soldaduras longitudinales de los fuelles, realizado antes de conformación del fuelle.

Inspección con líquidos penetrantes: Este examen se restringe a la determinación de defectos superficiales tales como fisuras u otras fallas en regiones soldadas.

Ultrasonido: Este examen es usual en determinados espesores y determina la profundidad y localización exacta de defectos que fueron revelados por radiografía.

Prueba de presión: Las pruebas neumáticas e hidrostáticas son los métodos mas usados, la prueba hidrostática se hace a 1.5 presión de diseño, la prueba neumática se hace a 1.3 presión de diseño.

DESTRUCTIVOS

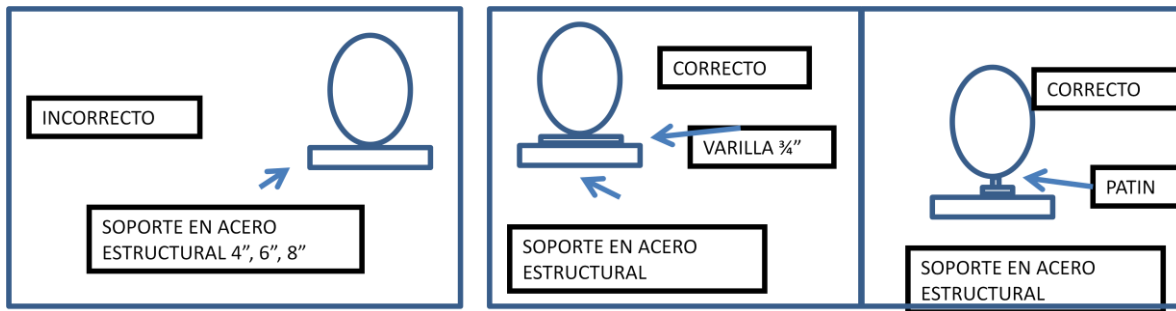
Ensayo de fluencia y ruptura, prueba de estabilidad y ensayo para la determinación de la vida cíclica; estas pruebas son hechas cuando la junta es fabricada.

INSPECCION DE SOPORTES

Al inspeccionar soportería debemos observar el apoyo de la línea con el soporte no debe existir mucha área de tubería montada en el soporte porque se origina corrosión galvánica.

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS



Según el ASME B 31.3 las distancias entre soportes dependen del diámetro del tubo

DIAMETRO TUBERIA PULGADAS	ESPACIO ENTRE SOPORTES METROS
2	3,048
3	3,658
4	4,267
6	5,182
8	5,791
10	6,706
12	7,01
14	7,62
16	8,23

INSPECCION DE SOPORTES DE RESORTE

Los soportes de resorte se le inspecciona trabamiento del indicador (si esta contra el borde superior e inferior).

Revisar ataque corrosivo.

Si el resorte se encuentra corroído posiblemente no este cumpliendo su trabajo; en ese caso se debe recomendar el cambio del soporte.

Es recomendable hacer mantenimiento periódico a los soportes de resorte con el fin de protegerlos contra la corrosión.



Soporte de resorte
colgante



Soporte de resorte

QUE MIRAR EN LAS UNIONES EMBRIDADAS

1. Mirar las soldaduras de las bridas
2. Escapes por empaques
3. Que los espárragos o pernos estén bien apretados
4. Que los espárragos se encuentren bien instalados (tuercas con llenado completo) ver instalación adecuada de los espárragos en la sección BRIDAS
5. Debemos mirar que los espárragos o pernos no se encuentren corroídos entre las dos bridas.



CORROSION ENTRE LAS BRIDAS

Cuando observemos espárragos como los de la foto; la unión bridada no es confiable, una sobrepresión hará que los espárragos colapsen.

Cuando se presenta esta situación el inspector manda cambiar las bridas y los espárragos. Ver diámetro y largo recomendados dependiendo del rating de la brida en la sección accesorios para tubería.

INSPECCION DE UNIONES EMBRIDADAS DESPUÉS QUE SON DESACOPLADAS

Cuando las uniones embridadas son desacopladas; se debe hacer inspección visual de las áreas de sello de las bridas; si se observa acanaladura en el área efectiva de sello la brida debe ser cambiada.



Área de sello

Acanaladura en área de sello

DONDE SE PRESENTAN LOS ESCAPES EN VALVULAS

- En la bocina central o prensaestopa.
- En la brida de unión cuerpo con el bonete
- Escape por las uniones embridadas.

Algunos escapes se corrigen en operación aplicando soldadura epoxica, pero cuando la planta sale a mantenimiento la válvula debe ser cambiada o reparada.



Escape por la unión cuerpo con el bonete corregido con soldadura epoxica

La inspección correcta de una válvula esta contenida en el API 598 donde se encuentran las tablas indicando la presión de prueba.

TABLA 2 SHELL TEST PRESSURE

TIPO DE VALVULA	Clase	Shell Test Pressure (Minimum)	
		Pounds per Square Inch Gauge	Bar
Ductile Iron	150	400	26
	300	975	66
Cast Iron	125		
NPS 2-12		350	25
NPS 14-48		265	19
Cast Iron	250		
NPS 2-12		875	61
NPS 12-24		525	
Steel			
Flanged	150 – 2500	b	
Buttweld	150 – 4500	b	
Threaded	800	c	
and Socketweld	150 – 4500	b	

Notas

(a) ASME B16.34 limits threaded-end valves to Class 2500 and lower

(b) Per ASME B16.34 según ASME 16.34 la prueba se hace dependiendo el rating de las bridas, el material de la válvula. Al igual que la presión permitida en las uniones embridadas ver tabla de presiones en la sección bridas. para una válvula ASTM A 105 o ASTM a 216

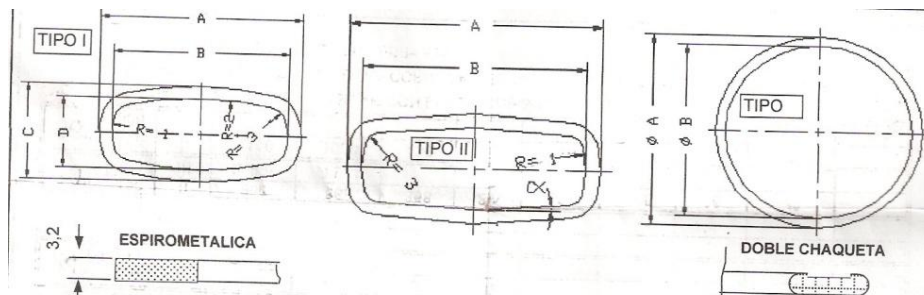
(c) For Class 800 valves, the shell test pressure shall be 1½ times the pressure rating at 100°F (38°C), rounded off to the next higher increment of 25 pounds per square in. gauge (or 1 bar) (see Table 2 of API Std 602).

Cuando se presenta escape por la bocina central o prensaempaques el inspector recomienda cambiar la empackadura utilizando empaque CRANE 182 o similar.

Cuando el escape se presenta por la unión cuerpo con el bonete se recomienda el cambio del empaque; para esa recomendación se debe tener en cuenta el tipo de cuerpo. Ver tabla con las medidas de los empaques y el material utilizado en la página siguiente.

Cuando se cambia el empaque del cuerpo como control de calidad se debe hacer prueba hidrostática a la válvula.

TABLA DE EMPAQUES PARA UNION CUERPO CON BONETE DE VALVULAS



Ø - SERIE	TIPO	A	B	C	D	R ₁	R ₂	R ₃	ANGULO	QTY.
2"	150 I	128	100	86	58	51	203	16	-	
300	III	Ø 112	Ø 93	-	-	-	-	-	-	
3"	150 I	165	136	100	71	68	261	22	-	
300	III	Ø 152	Ø 131	-	-	-	-	-	-	
4"	150 I	197	157	110	70	55	350	20	-	
300	III	Ø 185	Ø 163	-	-	-	-	-	-	
6"	150 I	260	226	131	97	66	406	18,5	-	
300	III	Ø 243	Ø 220	-	-	-	-	-	-	
8"	150 II	311	275	146	110	137,5	-	17	4° 30'	
300	III	Ø 293	Ø 271	-	-	-	-	-	-	
10"	150 II	354	318	158	122	159	-	25	4° 30'	
300	III	Ø 348	Ø 314	-	-	-	-	-	-	
12"	150 II	418	380	172	134	-	-	23	3°	
300	III	Ø 420	Ø 384	-	-	-	-	-	-	
14"	150 II	460	410	230	180	205	-	35	4°	
300	III	Ø 438	Ø 410	-	-	-	-	-	-	
16"	150 II	536	490	216	170	245	-	34	3° 30'	
300	III	Ø 548	Ø 512	-	-	-	-	-	-	
18"	150 II	566	520	236	190	260	-	35	4°	
300	III	Ø 550	Ø 520	-	-	-	-	-	-	
20"	150 II	658	602	263	207	301	-	32	3° 30'	
300	III	Ø 650	Ø 614	-	-	-	-	-	-	
24"	150 II	774	721	300	247	-	-	35	4°	
300	III	Ø 800	Ø 770	-	-	-	-	-	-	
26"	150 II	-	-	-	-	-	-	-	-	
300	III	Ø 850	Ø 816	-	-	-	-	-	-	
30"	150 II	956	888	358	290	300	145	90	4°	
300	III	Ø 998	Ø 971	-	-	-	-	-	-	
36"	150 II	1110	1030	430	350	515	-	65	4°	
300	III	-	-	-	-	-	-	-	-	

NOTA: -24" 150/300, 26" 300, 30", 36" 150/300 CON ESPESOR DE 3/16" (4.8) mm.
 -EL ESPESOR DE LA EMPACADURA CORRUGADA ES 1/8" (3,2 mm). PARA TODOS LOS TAMAÑOS
 -20" Y 24" USA (DOBLE CHAQUETA) ESP= 5 mm.
 E) DE 630 a 650, 594 a 614

Revisado por: _____

TAPONES

Los tapones aunque no son permitidos en las tuberías algunas se encuentran con tapones instalados; cuando estos tapones son roscados, se debe hacer retirar para inspeccionar la rosca del tapón y la rosca del coupling, la norma ANSI/ASME B1.20.1 (PIPE THREADS, GENERAL PURPOSE) nos indica cuanto debe entrar el tapón en el coupling y cuanta rosca en buen estado se requiere para que el tapón quede bien instalado, los tapones y coupling se consiguen bajo norma ASTM A 105 x 3000# y 6000#.

Las roscas son diseñadas hilos por pulgada.

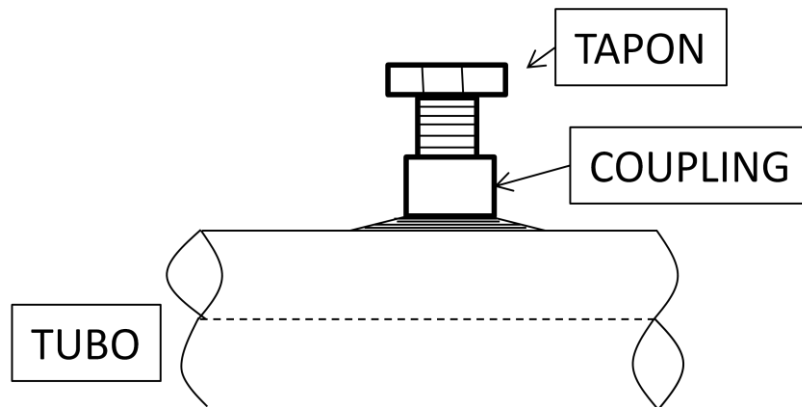
INSPECCION DE COUPLING

Si entre la longitud de rosca hay un hilo con corrosión o dañado el coupling debe ser cambiado

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

El tapón cuando el coupling se encuentra en buen estado debe roscar con la mano 4.75 hilos y con la herramienta de apriete debe quedar con 7.64 hilos roscados totales.



INSPECCION POR MEDICION DE ESPESORES

Esta inspección determina la condición interna de la tubería preferiblemente se debe hacer con la línea fuera de servicio o con temperaturas que no excedan 90°F.

El inspector debe estar familiarizado con el equipo de medir espesores, conocer cada uno de sus componentes y saber lo siguiente:

- El equipo de medir espesores funciona por ultrasonido; ultrasonido es una onda mecánica cuya frecuencia es inferior al umbral auditivo humano.
- Saber que el equipo emite sonidos de 1000000 y 5000000 de HZ.
- Lo que comúnmente llamamos palpador su nombre es TRANSDUCTOR que en su interior tiene un cristal piezoelectrico que trasforma la energía eléctrica en energía mecánica.
- El propósito del acoplante es proveer un camino apropiado entre el transductor y la superficie del metal.
- Hay metales que oponen resistencia a transmitir el sonido este fenómeno es llamado Impedancia acústica.
- Para la medición del espesor esta se debe hacer en un área de 2" diámetro preferiblemente; escogiendo el menor espesor hallado.
- El inspector debe conocer el metal y la temperatura de este al momento de hacer medición de espesor.
- Se debe conocer la densidad del metal a inspeccionar; sabiendo esto se puede ajustar la velocidad del sonido.
- En la siguiente página se encuentran algunas velocidades de varios metales y resinas.

**Typical Sound Velocities in Various Materials
(Longitudinal Wave)**

	in/s x 10 ²	m/s
Aluminum	2500	6300
Brass	1700	4300
Cadmium	1100	2800
Cast Iron	1800	4600
Copper	1800	4600
Epoxy Resin	1100	2800
Glass (Crown)	2200	5600
Glass (Window)	2700	6800
Gold	1300	3300
Inconel	2200	5600
Lead	850	2200
Magnesium	2300	5800
Manganese	1800	4600
Molybdenum	2500	6300
Neoprene	630	1600
Monel	2100	5300
Nickel	2200	5600
Nylon	1000	2500
Phenolic	560	1400
Platinum	1600	4100
Plexiglas	1100	2800
Polyethylene	700	1800
Polystyrene	930	2400
Polyurethane	700	1800
Porcelain	2200	5600
Rubber (Butyl)	730	1900
Rubber (Vulc.)	900	2300
Silver	1400	3600
Steel	2300	5800
Tin	1300	3300
Titanium	2400	6100
Tungsten	2100	5300
Zinc	1600	4100
Zircaloy 2	1900	4700

No se puede hacer medición de espesor a un metal diferente al metal con que se calibro el equipo:

Ejemplo: si calibro el equipo para hacer medición de material acero al carbón y con la misma velocidad calibro material inoxidable los datos obtenidos en el inoxidable no son reales.

En las tuberías de material inoxidable austenítico por tener los granos alargados (ANISOTROPIA) se genera dispersión de la señal distorsionando el haz en caso de ensayo por ultrasonido o medida de espesor; en caso de la medición de espesor en inoxidable se comprobó que con transductor de 5 MHZ diámetro 0,187" o menores los espesores se ajustan al espesor nominal con el \pm que da el ASME Sección II para el caso de las tuberías rectas y ASME B 16.9 para el caso de los accesorios. La inspección por medición de espesores siempre se hace en TML (punto) previamente identificado; es recomendable tener el dato anterior para poder hacer una evaluación al instante, determinando si el TML calibrado se encuentra en buenas condiciones, (si resiste el tiempo de corrida).

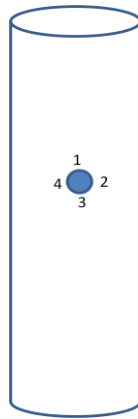
DONDE HACER LAS MEDICIONES DE ESPESORES

En las líneas aliviadas se debe inspeccionar y tomar espesores todas las soldaduras incluyendo zona haz de soldadura de coupling instalados

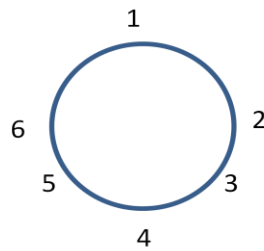
INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

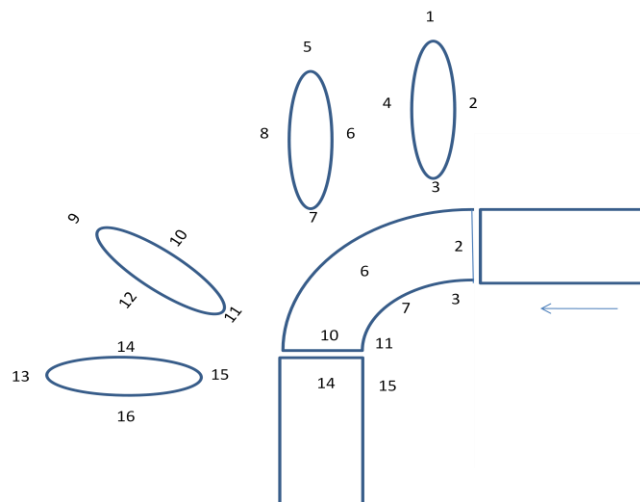
Calibración coupling en línea aliviada



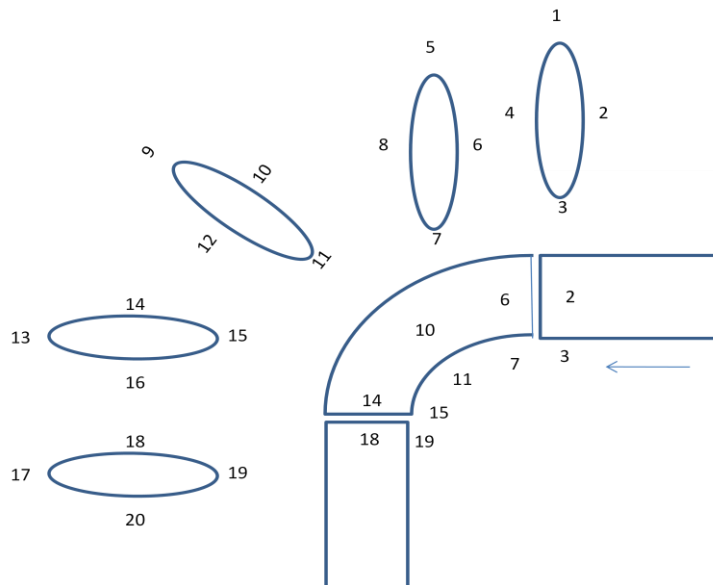
PUNTOS DE CALIBRACION PARA UN TML EN TUBO RECTO LINEA ALIVIADA O NO ALIVIADA



CALIBRACIÓN ACONSEJADA POR EXPERIENCIA EN CADA TML PARA CODOS EN CIRCUITOS DE PLANTAS DE REFINERÍA MATERIAL NO ALIVIADO.



CALIBRACIÓN ACONSEJADA POR EXPERIENCIA EN CADA TML PARA CODOS EN CIRCUITOS DE PLANTAS DE REFINERÍA MATERIAL ALIVIADO TERMICAMENTE.



¿POR QUÉ SE DEBEN TOMAR MAS PUNTOS DE CALIBRACION EN CIRCUITOS ALIVIADOS 5% CR O CIRCUITOS QUE TRANSPORTAN AMINAS?

Se deben tomar mas puntos porque si el alivio no queda bien hecho existe la posibilidad de corrosión interna.

Se aconseja por experiencia hacer la calibración en forma de barrido, donde aparezca un punto con bajo espesor diferente a los demás calibrados se debe hacer un barrido y se pueden encontrar puntos con valores mas bajos que el encontrado; signo de corrosión por mal alivio.

Esta corrosión se muestra como picadura agrupada formando luego erosión.

La medición de espesores debe hacerse lo más cerca posible a las soldaduras en líneas aliviadas o no aliviadas.

Por experiencia se recomienda en las líneas de material cromado o no cromado que sean aliviadas hacer medición de espesor en la zona esmerilada donde se hace la medición de dureza.

Por inspección visual se detecto mancha de hidrocarburo en la soldadura de línea material 5% Cr que transporta Gasóleo de vacio.

Se hizo medición de espesor en el sitio esmerilado para toma de dureza encontrando bajo espesor.

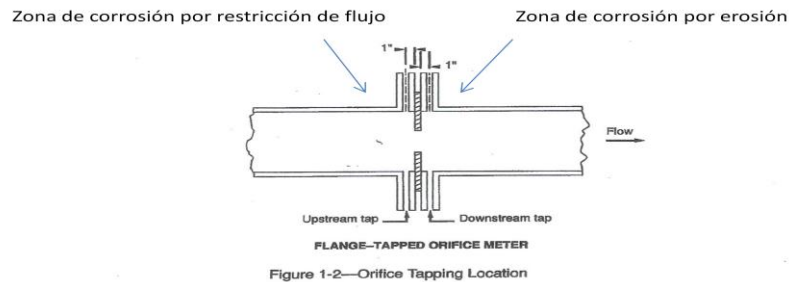
La recomendación en este caso fue:

- Radiografía a las soldaduras; la radiografía mostro corrosión interna en las soldaduras.

CALIBRACIÓN EN ZONAS ALEDAÑAS A BRIDAS DE ORIFICIO

En las zonas aledañas a bridas de orificio se debe realizar inspección por medición de espesores antes del paso de fluido y después del paso del fluido; como vimos en la pagina

82 entre la unión de las bridas se instala una platina de orificio; este orificio es de menor diámetro que el diámetro del tubo esto ocasiona restricción del fluido antes de pasar por el orificio de la brida y alta presión al paso por el orificio que puede ocasionar erosión de la tubería.

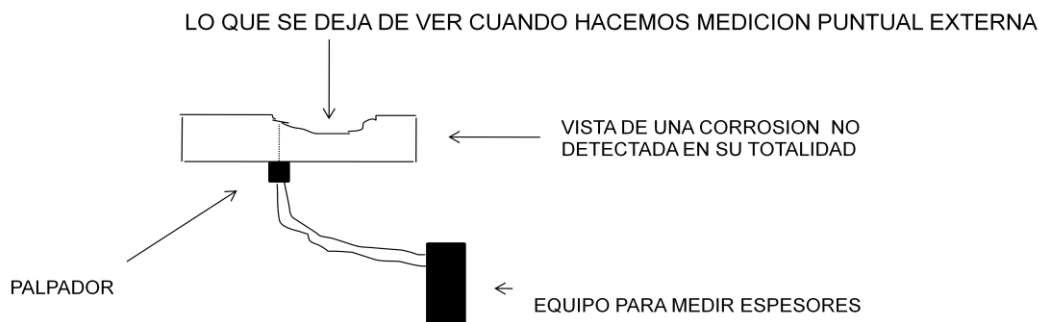


PARA TENER EN CUENTA CUANDO REALIZAMOS MEDICIÓN DE ESPESOR

CUANDO HACEMOS INSPECCION POR MEDICION DE ESPESORES

ES ACONSEJABLE DONDE NOS MUESTRA UN BAJO ESPESOR;

HACER UN BARRIDO



NOTA

- Tener en cuenta que los valores de calibración son tomados puntualmente; y para encontrar el mismo valor se requiere hacer la medición en el mismo sitio (punto). Con un milímetro que se corra el transductor el dato es diferente. Por este motivo pareciera que de una inspección a otra la línea se puede encontrar con espesores mayores.
- En líneas calientes así se haga con TRASDUCTOR para caliente y acoplante; los valores no son reales.

Se realizó experimento en salida de un horno en servicio y después cuando la línea se encontraba a temperatura ambiente; los valores están en el orden de 30% más del valor real.

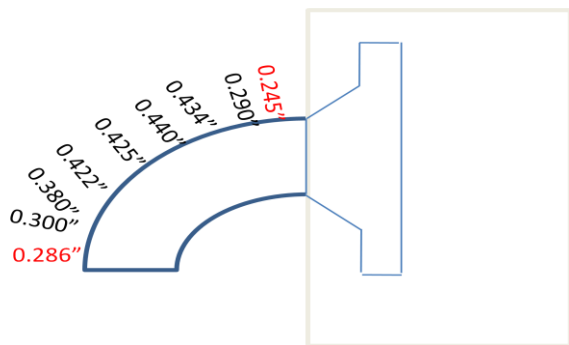
Se recomienda tener a la mano siempre un patrón de calibración, los equipos de medir espesores se descalibran fácilmente.

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

Datos falsos

Ejemplo: en el siguiente caso se puede apreciar que los espesores junto a las uniones soldadas son diferentes al resto de espesores.



Haciendo un análisis se puede determinar lo siguiente:

Los bajos espesores se pueden presentar por

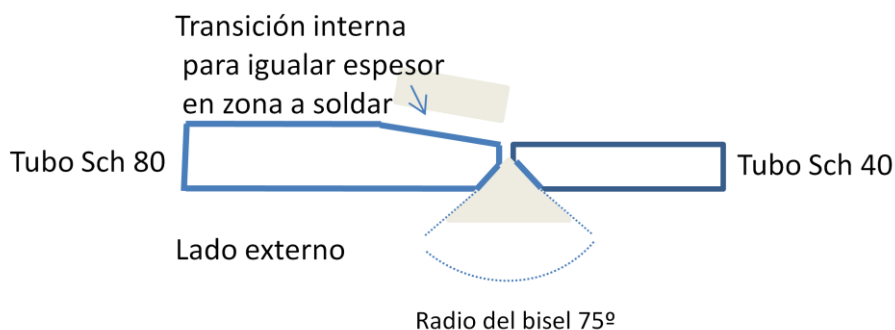
1. **Corrosión cerca a las áreas de soldadura.**
2. El codo es de más espesor que la brida y el niple.

Cuando el codo es de sch mayor (mas espesor) que el sch de la brida y del tubo se hace transición.

Que es transición: Esmerilado interno que se hace a un codo o un tubo cuando los espesores no son iguales con el fin de evitar el HI-Low

Que es transición

Pared del tubo internamente



Las soldaduras donde se presenta transición son susceptibles de falla por esfuerzos por ese motivo requiere inspeccionarse visualmente y por radiografía y/o ultrasonido.



GRIETA EN ZONA HAZ

FALLA POR SOLDADURA LINEA TEA ORTOFLOW:
EL TUBO DE LA IZQUIERDA ES ESPESOR 0,500", EL TUBO DE LA
DERECHA ESPESOR 0,180". SE HIZO TRANSICION.



GRIETA ZONA HAZ POR TRANSICION

En medición de espesor se debe analizar el dato que se toma inmediatamente de acuerdo con ASME B 31.3. Verificando que el espesor hallado se encuentre dentro del rango dado por el diseñador del circuito.

A continuación se da la formula para el t de retiro o espesor mínimo requerido.

$$t_{ret} = \frac{1,5PDe}{2(SE + PY)} + CA$$

P= PRESION

De= DIAMETRO EXTERIOR DEL TUBO

S= ESFUERZO ADMISIBLE DEL MATERIAL

E= Factor de eficiencia de la unión

y= Factor de temperatura del material

S= Igual 20000 hasta temperatura de 400 grados farengeith. Para 500°F = 18,9, para 600°F 17,3.

E= Para tubería sin costura = 1, Para tubería con costura = 0.8

y= 0,4

CA= Corrosión permitida = 0.125" pulgadas.

NOTA

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

LIMITE DE TUBERIAS ACERO AL CARBON ASTM A 106 O ASTM A 53 CON TEMPERATURAS DE OPERACIÓN ENTRE -20 Y 400 °F C.A 0,125" = 1/8" MEDIDAS EN PULGADAS													
PRESION DE TRABAJO PSI													
DIAMETRO PULGADAS	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
3	0,138"	0,145"	0,151"	0,158"	0,164"	0,171"	0,177"	0,184"	0,190"	0,196"	0,203"	0,209"	0,216"
4	0,140"	0,150"	0,160"	0,160"	0,170"	0,180"	0,190"	0,190"	0,200"	0,210"	0,220"	0,220"	0,230"
6	0,150"	0,160"	0,170"	0,180"	0,190"	0,200"	0,210"	0,220"	0,240"	0,250"	0,260"	0,270"	0,280"
8	0,150"	0,170"	0,180"	0,200"	0,210"	0,230"	0,240"	0,250"	0,270"	0,280"	0,300"	0,310"	0,330"
10	0,160"	0,180"	0,200"	0,210"	0,230"	0,250"	0,270"	0,290"	0,300"	0,320"	0,340"	0,360"	0,380"
12	0,170"	0,190"	0,210"	0,230"	0,250"	0,27	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42
16	0,190"	0,210"	0,230"	0,260"	0,290"	0,310"	0,340"	0,370"	0,390"	0,420"	0,450"	0,470"	0,500"
18	0,190"	0,220"	0,250"	0,280"	0,310"	0,340"	0,370"	0,400"	0,430"	0,460"	0,490"	0,520"	0,550"
20	0,190"	0,230"	0,260"	0,290"	0,330"	0,360"	0,390"	0,430"	0,460"	0,490"	0,530"	0,560"	0,590"
24	0,210"	0,250"	0,290"	0,330"	0,370"	0,410"	0,450"	0,490"	0,530"	0,570"	0,610"	0,650"	0,690"
30	0,230"	0,280"	0,330"	0,360"	0,430"	0,480"	0,530"	0,560"	0,630"	0,680"	0,730"	0,780"	0,830"
LIMITE DE TUBERIAS ACERO AL CARBON ASTM A 106 O ASTM A 53 CON TEMPERATURAS DE OPERACIÓN ENTE -20 Y 400 °F C.A 0,0625" = 1/16" MEDIDAS EN PULGADAS													
PRESION DE TRABAJO PSI													
DIAMETRO PULGADAS	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
3	0,076"	0,082"	0,089"	0,095"	0,102"	0,108"	0,115"	0,121"	0,127"	0,134"	0,140"	0,147"	0,153"
4	0,079"	0,088"	0,096"	0,104"	0,113"	0,121"	0,129"	0,138"	0,146"	0,154"	0,163"	0,171"	0,179"
6	0,087"	0,100"	0,112"	0,124"	0,137"	0,149"	0,161"	0,173"	0,185"	0,198"	0,210"	0,222"	0,234"
8	0,095"	0,111"	0,127"	0,143"	0,159"	0,175"	0,191"	0,207"	0,223"	0,238"	0,254"	0,270"	0,286"
10	0,103"	0,123"	0,143"	0,163"	0,183"	0,203"	0,222"	0,242"	0,262"	0,282"	0,302"	0,321"	0,341"
12	0,110"	0,134"	0,158"	0,181"	0,205"	0,229"	0,252"	0,276"	0,299"	0,323"	0,346"	0,369"	0,393"
14	0,115"	0,141"	0,167"	0,193"	0,219"	0,245"	0,271"	0,297"	0,322"	0,348"	0,374"	0,399"	0,425"
16	0,122"	0,152"	0,182"	0,212"	0,241"	0,271"	0,301"	0,330"	0,360"	0,389"	0,418"	0,447"	0,477"
18	0,130"	0,163"	0,197"	0,230"	0,264"	0,297"	0,330"	0,364"	0,397"	0,430"	0,463"	0,496"	0,528"
20	0,137"	0,175"	0,212"	0,249"	0,286"	0,323"	0,360"	0,397"	0,434"	0,471"	0,507"	0,554"	0,580"
24	0,152"	0,197"	0,242"	0,286"	0,331"	0,375"	0,420"	0,464"	0,508"	0,552"	0,596"	0,640"	0,684"
30	0,175"	0,231"	0,287"	0,342"	0,398"	0,454"	0,509"	0,564"	0,619"	0,675"	0,729"	0,784"	0,839"

1. Tenga presente que la formula de la pagina 153 me indica el mínimo espesor requerido para operar el tubo pero se hace una evaluación para una refinería de petróleos o planta química, donde cualquier falla en un sistema puede ocasionar perdidas humanas y altos costos por parada imprevista.
2. Por este motivo se requiere también trabajar con la velocidad de corrosión.

COMO CALCULAR VELOCIDAD DE CORROSION DE ACUERDO CON API 570

API 570 recomienda hacer el análisis de los datos calibrados haciendo proyección hacia la próxima inspección de la tubería inspeccionada; para esto se requiere:

1. Dato de calibración cuando el tubo fue instalado nuevo.
2. Fecha de instalación de la tubería para poder hacer medición de IPY o MPY.
3. Fecha de la próxima inspección de la tubería.

$$\text{Años de vida remanente} = \frac{t_{\text{actual}} - t_{\text{requerido}}}{\text{corrosion rate}} \\ \text{[inches (mm) per year]}$$

t_{actual} = the actual thickness, in inches (millimeters), measured at the time of inspection for a given location or component.

t_{required} = the required thickness, in inches (millimeters), at the same location or component as the t_{actual} measurement computed by the design formulas (e.g., pressure and structural) before corrosion allowance and manufacturer's tolerance are added.

Traducido quiere decir:

t . actual= el espesor medido en pulgadas o milímetros a una locación o componente.

t. requerido= Espesor requerido en pulgadas o milímetros de una locación o componente, computarizado teniendo en cuenta presión y agregando corrosión permitida.

$$\text{RATA DE CORROSION largo tiempo (LT)} = \frac{t_{\text{inicial}} - t_{\text{actual}}}{\text{Tiempo (años) entre } t_{\text{inicial}} \text{ y } t_{\text{actual}}}$$

$$\text{RATA DE CORROSION corto tiempo (ST)} = \frac{t_{\text{previus}} - t_{\text{actual}}}{\text{Años entre } t_{\text{previus}} \text{ y } t_{\text{actual}}}$$

Donde

t. inicial = espesor medido en pulgadas o milímetros de alguna locación al momento de iniciar a operar.

t previus= espesor medido en pulgadas o milímetros de alguna locación durante una o mas inspecciones previas.

t= espesor

API recomienda para calculo de tiempo tener en cuenta mes y año.

Conversión de meses a años.

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

Marzo 2004 = 2004.25 (Marzo es el mes 3 del año = $3/12 = 0,25$ año)

Octubre 2001 = 2001.83 (Octubre es el mes 10 del año = $10/12 = 0.83$ año)

IPY= cuando se calcula rata de corrosión pulgadas por año.

MPY= Cuando se calcula rata de corrosión milímetros por año.

INSPECCION SUPLEMENTARIA

INSPECCION POR ONDAS GUIADAS

La inspección por ondas guiadas aplica lo mismo que inspección de espesores; pero esta se hace instalando en los 360° del tubo una abrazadera donde se encuentran instalados varios transductores, se lanza un disparo que puede abarcar 50 u 80 metros dependiendo del equipo, el disparo toma la lectura mínima del espesor en los 50 u 80 metros pero no muestra exactamente donde esta la lectura mínima.

STANDARD RESOLUTION MAGNETIC FLUX LEAKAGE (MFL): ESTA HERRAMIENTA ES LA MAS USADA PARA INSPECCION DE OLEODUCTOS Y GASODUCTOS.

Empleando un campo magnético axial, generado por imanes permanentes o electroimanes, y por sus características o desviaciones se inducen en forma indirecta diversas anomalías. Tiene limitaciones para detectar discontinuidades longitudinales.

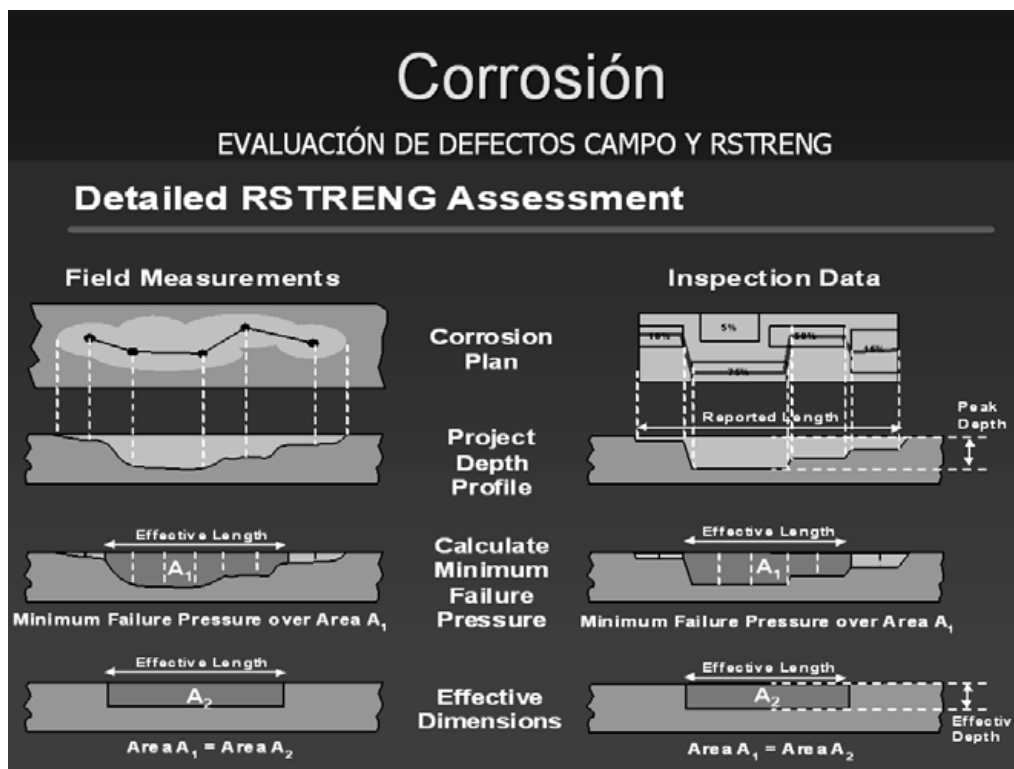
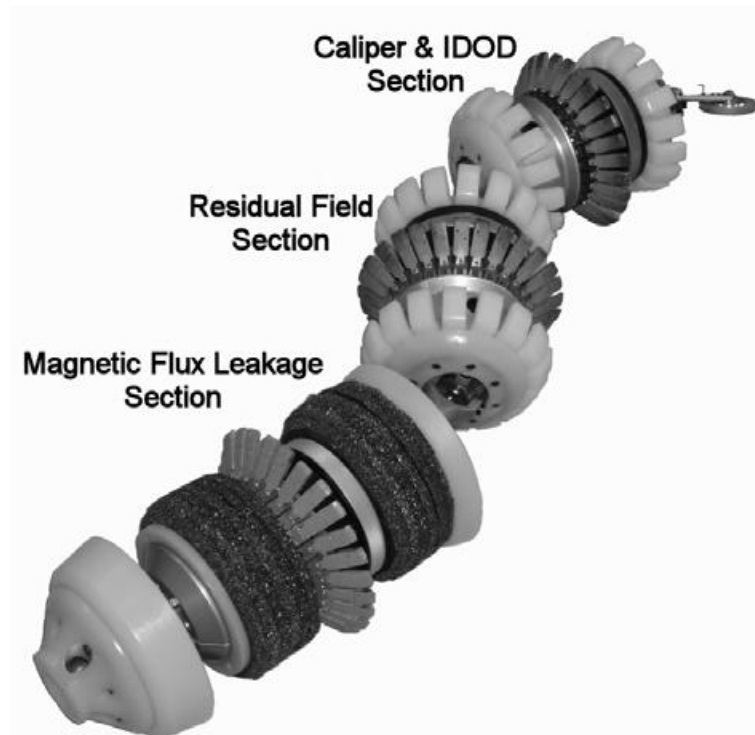
La herramienta consta de un par de aros que actúan como magnetos, espaciados con polaridad opuesta, que introducen un flujo magnético a lo largo de la tubería. Posee sensores montados entre los polos que detectan pérdidas de flujo (debidas a pérdidas de metal)

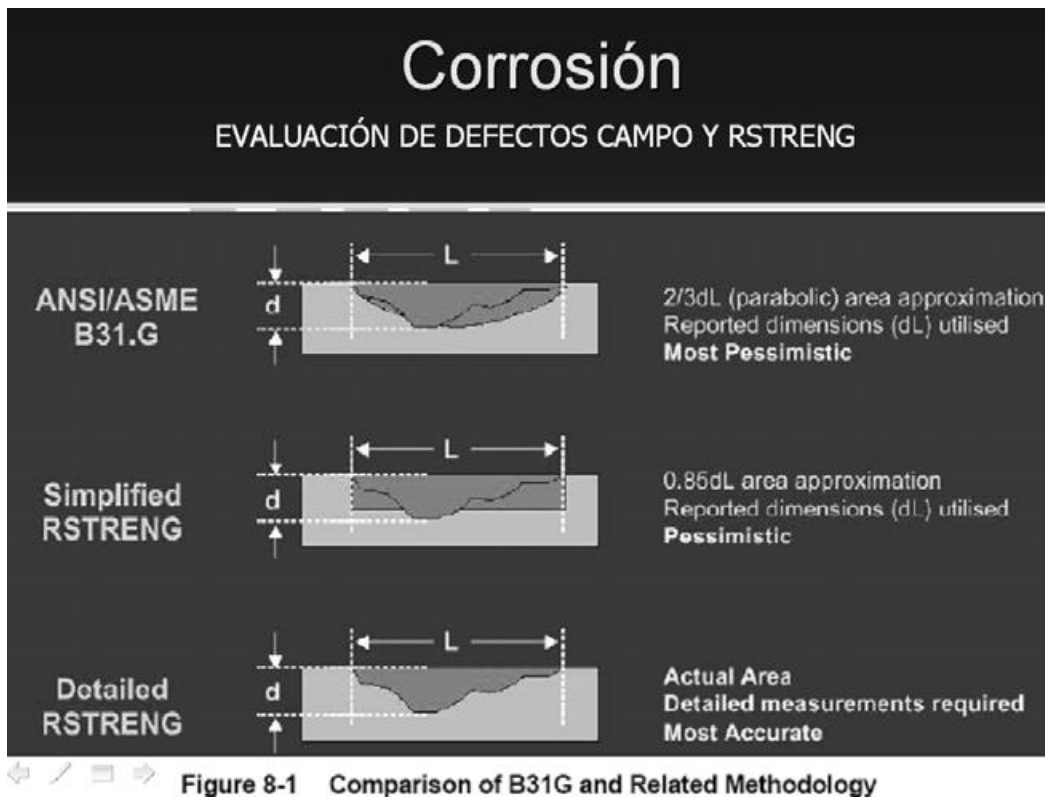
Herramienta de detección: MFL



High Resolution Magnetic Flux Leakage (MFL): Con más sensores que el método standard, permite dimensionar las anomalías y determinar la resistencia remanente de la

tubería. También si la corrosión es externa e interna. Tiene limitaciones para detectar discontinuidades longitudinales.





INSPECCION POR HAMMER TESTING O PRUEBA DE MARTILLO

Esta inspección se hace a tuberías de diámetros menores a 2", se utiliza un martillo de una libra, se debe tener en cuenta el sonido al golpear y el comportamiento del material y requiere la línea fuera de servicio por seguridad.

Las líneas de material inoxidable o cast-iron no se les debe hacer prueba de martillo.

INSPECCION DE VIBRACIONES EN TUBERIAS

La vibración de la tubería normalmente se presenta cuando el equipo de bombeo cavita o se encuentra desalineado y la soporteria instalada no es la adecuada, generalmente el encargado de la planta es el primero que ve este defecto.

Este defecto debe ser corregido porque las vibraciones en las tuberías causan fatiga y rompimiento de estas.

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

RADIOGRAFIA: Ver las practicas referidas en API RP 577 Inspección de soldaduras, ASTM E 71, ASTM E99-63, ASTM E94-62T, ASTM E 142-64, ASME boiler and pressure vessel code: sección 1: power boiler; sección III: nuclear boiler, sección VIII: unfired pressure vessel; section IX: welding qualifications.

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

ULTRASONIDO**PARTÍCULAS MAGNÉTICAS**

TINTAS PENETRANTES: ASME SECC V articulo 6

TERMOGRAFÍA para chequear obstrucción interna.

EMISIÓN ACÚSTICA

PRUEBA NEUMÁTICA: esta se realiza a 1.1 veces PMTP multiplicado por la relación mas baja del esfuerzo S del material; para la temperatura de prueba respecto al valor de esfuerzo S en ningún caso la prueba puede exceder 1.1 PMTP.

PRUEBA HIDROSTÁTICA: ASME SEC VIII DIV 1

Las inspecciones suplementarias se realizan únicamente si el inspector lo considera necesario.

CUIDADOS EN LA INSPECCION DE LINEAS EN UNA REFINERIA

Tenga presente las siguientes recomendaciones que por experiencia han sido vistas.

PLANTAS TOOPING:

Inspección exhaustiva visual y por espesores a línea que transportan gasóleo de vacío, cima de torre atmosférica, líneas de hornos a torre atmosférica; en estas líneas se puede evidenciar corrosión en los cordones de soldadura cuando el material de la línea es 5% Cr; se recomienda realizar medición de espesor exhaustivo en las curvas internas de los codos sectores donde se ha encontrado la corrosión, realizar también inspección visual a cordones de soldadura

En las líneas de Slurry se debe aplicar el mismo método de inspección que se hace a las líneas de MEA o DEA tomar espesores en curvas internas de los codos.

Las fallas por cloruros se evidencian por picadura y erosión en zonas aledañas a las soldaduras.

PLANTAS CRACKING:

Especial cuidado en las líneas de catalizador en ellas se presenta erosión por que el catalizador es abrasivo, líneas de MEA y DEA cuando el alivio queda mal ejecutado, líneas de carga al reactor y líneas de tea.

PLANTAS DE ALQUILACION Y ACIDO:

Todas las líneas que transportan ácido fresco y gastado; especial cuidado en uniones disimiles inoxidable y acero al carbón; en estas plantas se esta utilizando el material SANDVIK esta tubería y accesorios es con costura y los espesores son milimétricos. También es utilizado el Alloy 20; sin embargo este material también se rompe.



LA LINEA DE DIAMETRO 4" ES ALLOY 20 Y LA LINEA 6" CORROIDA EN EL LADO IZQUIERDO ES MATERIAL ACERO AL CARBON



ROTURA CODO MITTER SISTEMA DE ACIDO
TODO LO QUE SE OBSERVA OXIDADO ES SIGNO
DE ESCAPE



Rotura SISTEMA DE ACIDO
SE DESCUBRIO DESPUES DE RETIRAR EL AISLAMIENTO

Las roturas de las tuberías mostradas en las fotografías material acero al carbono se inician con zonas oxidadas.

Para transporte de acido al 100% el mejor material es el acero al carbono pero cuando el acido es diluido requiere material Alloy 20 y cuando alcanza temperatura el material a usar es HASTELLOY; en la planta de acido de la gerencia complejo Barrancabermeja se esta utilizando material SANVIK ASTM A 403-SX; la soldadura a utilizar es SANVIK SX; los escapes en este material se presentan por las soldaduras; requiere inspección visual exhaustiva.

PLANTA DE ETILENO:

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

Las tuberías de esta planta requieren inspección visual externa para detectar CUI; especial atención en los drenajes y venteos. Tenga presente que donde existe congelamiento se considera condiciones cíclicas severas.

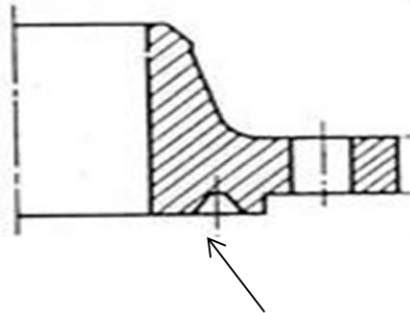
E ASME 31.3 parrafo C del 311.2.4. Indica que accesorios Scket Weld mayores que DN 50 NPS 2" no deben ser instalados. En estos casos únicamente se deben instalar accesorios de completa penetración de soldadura.

En la planta de Etileno se encuentra la unidad criogénica; las tuberías de esta unidad son ASTM A 333 Gr 6 y ASTM A 304; en la inspección realizada las tuberías de material inoxidable no presentaron perdida de espesor habiendo operado 30 años; las tuberías de ASTM A 333 Gr 6 se encontraron con espesores de instalación pero en la inspección visual se detecto el 80% de las tuberías instaladas on corrosión CUI.

PLANTA DE UNIBON E HIDROGENO:

En la planta de unibon e hidrogeno la mayoría de las líneas son en material inoxidable con espesores robustos pero la inspección se debe hacer en los groove de las bridas y soldaduras; la inspección se realiza visual y por medio de líquidos penetrantes para localizar Sulfidacion H₂S-H₂ SCC (grietas) por formación de ácidos POLITIONICOS.

GROOVE = Cuando se usa este termino me refiero a brida RING JOINT.



GROOVE O AREA DE SELLO

TUBERIAS PLANTA DE AGUA

El agua es corrosiva por el oxigeno que tiene; las tuberías de material acero al carbono se rompen por la sedimentación que lleva el agua estas se adhieren a la pared del tubo formando corrosión bajo depósitos; el tubo se rompe pero la misma sedimentación con el tiempo tapa la salida de agua.

Las mas susceptibles de esta falla son Agua suavizada, agua cruda y agua potable.

El mejor material para transporte de agua es el PVC pero requiere:

- No estar cerca de tuberías calientes
- Permanecer permanentemente con fluido en su interior; si esto no sucede el PVC con los rayos ultravioleta del sol se cristaliza y se rompe.



Escape por soldadura

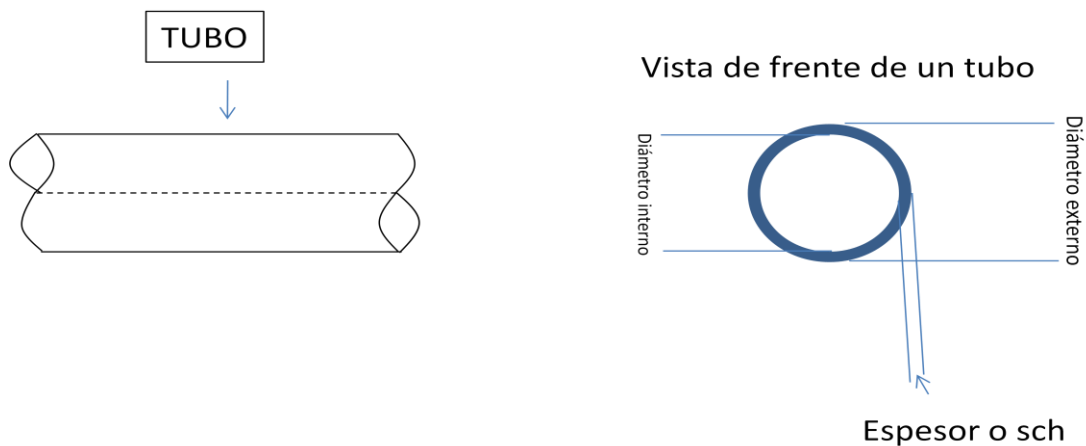
Esta es rotura por sedimentación en tubería de agua del rio; los espesores externos no sufren variación.



LÍNEA DE AGUA TAPONADA POR SEDIMENTOS

Corte de tubo diámetro 4" material acero al carbón que transporta agua potable ver los sedimentos adheridos ala pared del tubo ocasionando rotura.

En todo lo mencionado en el documento no se ha indicado a persona no familiarizada con algunos términos tales términos son: tubo, diámetro externo, diámetro interno espesor o sch; **la figura debajo indica que son los términos descritos.**



LÍNEAS A TEA

Estas líneas son las encargadas de llevar los gases cada vez que se dispara una válvula de seguridad hacia una torre alta donde son quemados.

En Colombia se denomina TEA en Venezuela se denomina Manchurio la corrosión en estos circuitos se evidencia siempre en los 180° inferiores del tubo; el dato de espesor relevante siempre es localizado en el punto de las 6 sentido horario.

En las líneas a TEA se debe realizar inspección visual detenidamente en los cordones de soldadura, empalme de líneas que llegan al cabezal principal; en varias ocasiones se detecto roturas en la línea que no fueron reportadas por los encargados de las plantas.

Las líneas de cabezales de TEA trabajan con presión negativa; si sufren rotura es muy poco el producto que sale por tal razón el operador se le dificulta detectar su rotura, sin embargo ofrece un peligro latente para la persona y el medio ambiente.

Como inspector detecte 3 roturas.

- a. En planta modelo IV, línea de 6" que llega al cabezal principal con rotura de aproximadamente 4" operaciones no reporto porque no la detecto.

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

- b. En planta Ortoflow falla en cordón de soldadura (fotografía que se ve en fallas por transición).
- c. En una planta tooping venteo roto.

OTRO TIPO DE TUBERIAS UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA

Fibra de vidrio: Tubería utilizada para transporte de ácido degradado; la norma ASTM D 2563 indica al inspector que más de 1 ampolla en área de 10^{-2} debe ser reparado.

PVC: Utilizada para transporte de agua y algunos ácidos.

Cobre: Utilizada en diámetros menores en sistema de instrumentación.

Poliuretano: Esta tubería es de gran confiabilidad para el transporte de aguas ácidas.

INSPECCION DE GASODUCTOS

Los gasoductos son las tuberías que transportan gas desde los campos hacia los centros de consumo o refinerías. Generalmente estas tuberías son instaladas bajo tierra.

El diseño para la fabricación de líneas para transporte de gas está regido por ASME B 31.8; en este diseño entran otras variables que no son aplicadas en el diseño de circuitos de tubería en plantas.

Las variables a tener en cuenta son localidades; el ASME B 31.8 las tiene configurada de la siguiente forma:

Localidad

Clase 1 div 1 = 0,80

Clase 1 div 2 = 0,72

Clase 2 = 0,60

Clase 3 = 0,50

Clase 4 = 0,40

Localidad 1 div 1, en una milla de longitud si tiene construido 10 edificios.

Localidad 1 div 2 = todos los cruces de camino, si existe puentes se toma el factor 0,60.

Localidad 2 en una milla si tiene construidos más de 110 edificios pero menos de 40.

Localidad 3 en una milla construcción de más de 46 edificios.

Localidad 4 = tráfico pesado.

Teniendo en cuenta que el máximo recorrido de un gasoducto se hace enterrado al momento de hacer inspección de un gasoducto el inspector debe contar con herramienta para hacer verificación del estado del recubrimiento; la tecnología moderna cuenta con equipos como el PCM (Pipeline Current Mapper) – Marco A que permite detectar fallas puntuales en el recubrimiento.

A su vez se debe determinar la criticidad de la falla.

- Fallas con μ VdB menores a 40 No existe riesgo.
- Fallas con μ VdB de 50 = Mantenimiento a mediano plazo (**No mayor a 2 años**).
- Fallas con μ VdB entre 50 y 75 = Mantenimiento a corto plazo (**A 1 año**).
- Fallas con μ VdB mayores a 75 = Reparación inmediata.

El inspector debe tener en cuenta que el API y el ASME indica que donde se observe deteriorado el recubrimiento que sobresale en los extremos cuando la línea se hace visible; se hace necesario hacer

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

apique a 12" de profundidad para ver el estado del recubrimiento; si en los 12" del apique el recubrimiento se observa deteriorado, se hace necesario profundizar mas.

APIQUE= Excavación

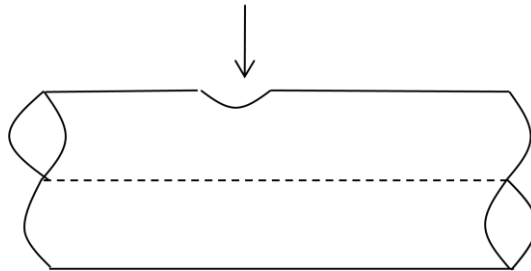
El mal estado del recubrimiento ocasiona corrosión a la línea; esta corrosión puede ocasionar que la línea falle por rotura.

En el alcance de la inspección debe estar contemplado medir la receptividad del terreno.

Tanto el deterioro del recubrimiento como la marcación de los TML se hacen utilizando tecnología GPS.

El ASME indica que si se observan golpes (sumaduras o abolladura) de la tubería aérea y este golpe muestra líneas (signo de doblez) en el tubo; la sección debe ser cambiada.

GOLPE O ABOLLADURA



La ultima versión del ASME B 31.8, calcula la resistencia de las tuberías con CA de ¼" 0,250".

La experiencia en la inspección de gasoductos en otros países ha mostrado que las tuberías fallan cerca a los centros de bombeo por alta vibración en la entrada o salida.

La formula para calcular presión de operación permisible en gasoductos esta dada por el ASME B 31.8 capitulo IV, 841.11).

$$P = 2St/D \cdot FET$$

Donde:

S= Tensión mínima de fluencia especificada (psi) determinada con los párrafos 817.13b y 841.112. cuando no se conoce se toma el valor de 24 ksi

t = Espesor nominal de pared (pulgadas).

F= Factor de junta longitudinal obtenido de la tabla 841.115 a véase también el párrafo 817.13d.

P: Presión de diseño (psig) ver también párrafo 841.111

T= Factor de disminución por temperatura obtenido de la tabla 841.116A

E= Factor de junta longitudinal. Ver ASME B 31.8; 817.12 cd

D= diámetro exterior del tubo (Pulgadas).

Para tuberías usadas la máxima presión permisible esta dada por (ASME B 31.8; 845.214).

FACTOR DE JUNTA LONGITUDINAL, E TABLA 841.115A

Especif. No. Clase de Tubería

Factor

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

ASTM A 53	Sin costura	1.00
	Soldado por Resistencia Eléctrica	1.00
	Soldada a Tope en Horno: Soldadura continua	0.60
ASTM A 106	Sin costura	1.00
ASTM A 134	Soldadura por Electro Fusión con Arco	0.80
ASTM A 135	Soldado por Resistencia Eléctrica	1.00
ASTM A 139	Soldado por Electro Fusión	0.80
ASTM A 211	Tubería de Acero Soldado en Espiral	0.80
ASTM A 333	Sin costura	1.00
	Soldada por Resistencia Eléctrica	1.00
ASTM A 381	Soldadura por Arco Doble Sumergido	1.00
ASTM A 671	Soldado por Electro Fusión Clases 13, 23, 33, 43, 53	0.80
	Clases 12, 22, 32, 42, 52 -	1.00
ASTM A 672	Soldado por Electro Fusión Clases 13, 23, 33, 43, 53	0.80
	Clases 12, 22, 32, 42, 52	1.00
API 5L	Sin costura	1.00
	Soldado por Resistencia Eléctrica	1.00
	Soldado por Electro Fulguración	1.00
	Soldado por Arco Sumergido	1.00
	Soldado a Tope en Horno	0.60

TABLA 841.116A
FACTOR DE DISMINUCIÓN DE
TEMPERATURA, T , PARA TUBERÍA DE ACERO

Temperatura, °F	Factor de Disminución de Temperatura, T
250 o menos	1.000
300	0.967
350	0.933
400	0.900
450	0.867

APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS

Para aplicación de recubrimiento en los gasoductos el ASME B 31.8 recomienda:

La preparación de superficies deberá ser compatible con el revestimiento a ser aplicado. La superficie de la tubería deberá hallarse libre de material deletéreo, tales como herrumbre, costras, humedad, suciedad, aceites, lacas y barnices. La superficie se deberá inspeccionar para verificar que no hayan irregularidades que pudieran sobresalir a través del recubrimiento. Tales irregularidades se deberán eliminar. Puede obtenerse mayor información en NACE RP-02-75.

Se deberán seleccionar revestimientos adecuados, incluyendo revestimientos de campo para las juntas y parches o tejos de reparación, atendiendo a las condiciones de manejo, despacho, transporte, almacenamiento, instalación, absorción de humedad, temperaturas de operación del ductos, factores ambientales (incluyendo la naturaleza del suelo en contacto con el revestimiento), características de adherencia y resistencia dieléctrica. El revestimiento deberá ser aplicado de manera que se asegure su efectiva adherencia a la tubería. Se deberá evitar sitios sin revestir, arrugas, puntos sin revestir (holidays) y el atrapamiento de gas.

El revestimiento deberá ser inspeccionado visualmente para verificar que no hayan defectos antes de que la tubería sea bajada a la zanja. Los revestimientos de tipo aislamiento en líneas principales y líneas de transporte, se deberán inspeccionar buscando puntos vacíos (sin revestir) o holidays, por medio del método más apropiado. Los defectos de revestimiento o años que pudieran impedir el control de corrosión efectivo, deberán ser reparados antes de que la tubería se instale en la zanja.

REPARACION DE TUBERIA CORROIDA

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

Si el avance de la corrosión ha reducido la resistencia de una instalación por debajo de su máxima presión admisible de operación, la porción deberá ser reparada, reacondicionada, o reemplazada, o la presión de operación se deberá reducir, en proporción con la resistencia remanente de la tubería corroída. Para ductos de acero que operen a un 40% o mayor de la mínima tensión de fluencia especificada, la resistencia remanente de la tubería corroída, podrá determinarse de acuerdo con el Apéndice L. Para obtener información de respaldo referente al apéndice L, hágase referencia a ANSI/ASME B31G, titulado Manual para Determinar la Resistencia Remanente de Ductos Corroídos.

La inspección por medición de espesor generalmente no muestra variación con el espesor nominal; se debe hacer énfasis en los 180° inferiores; si el gas lleva consigo agua se puede detectar corrosión en ese sector.

OTROS EQUIPOS A LOS QUE SE REALIZA INSPECCION DE TUBERIAS

TUBERIA DE CALDERAS

TUBERIA DE HORNOS

TUBERIA DE INTERCAMBIADORES

INSPECCION DE TUBERIA CALDERAS ACUATUBULARES

La tubería de calderas no se rige por el API 510 y ASME sección V, ASME sección VIII.
API GUIDE FOR INSPECTION OF REFINERY EQUIPMENT CAP VIII

INTRODUCION

La producción de vapor a través de calderas es una operación necesaria en casi todos los procesos industriales, y también presente en muchos establecimientos comerciales y hospitalarios.

El uso de calderas es indispensable en la industria del petróleo, química, petroquímica y generación de energía eléctrica.

En el funcionamiento de una caldera se utiliza como combustible GAS, Carbón, o Fuel oil.

TIPOS DE CALDERAS

- Acuatubulares
- Pirotubulares

CALDERAS PIROTUBULARES

Son usadas con la finalidad de producir vapor saturado de baja presión 14Kgf/cm² (198 Psi) en pequeñas cantidades.

Las calderas pirotubulares constan de 2 cabezales fijos en los cuales son expandidos los tubos o soldados, el agua esta contenida en el cuerpo cilíndrico que envuelve los tubos.

En uno de los extremos de la caldera se sitúa el horno, de modo que los gases resultantes de la combustión pasan por dentro de los tubos cediendo calor al agua llegando a la chimenea después de ceder el calor.

CALDERAS ACUATUBULARES

INSPECCION DE TUBERIAS

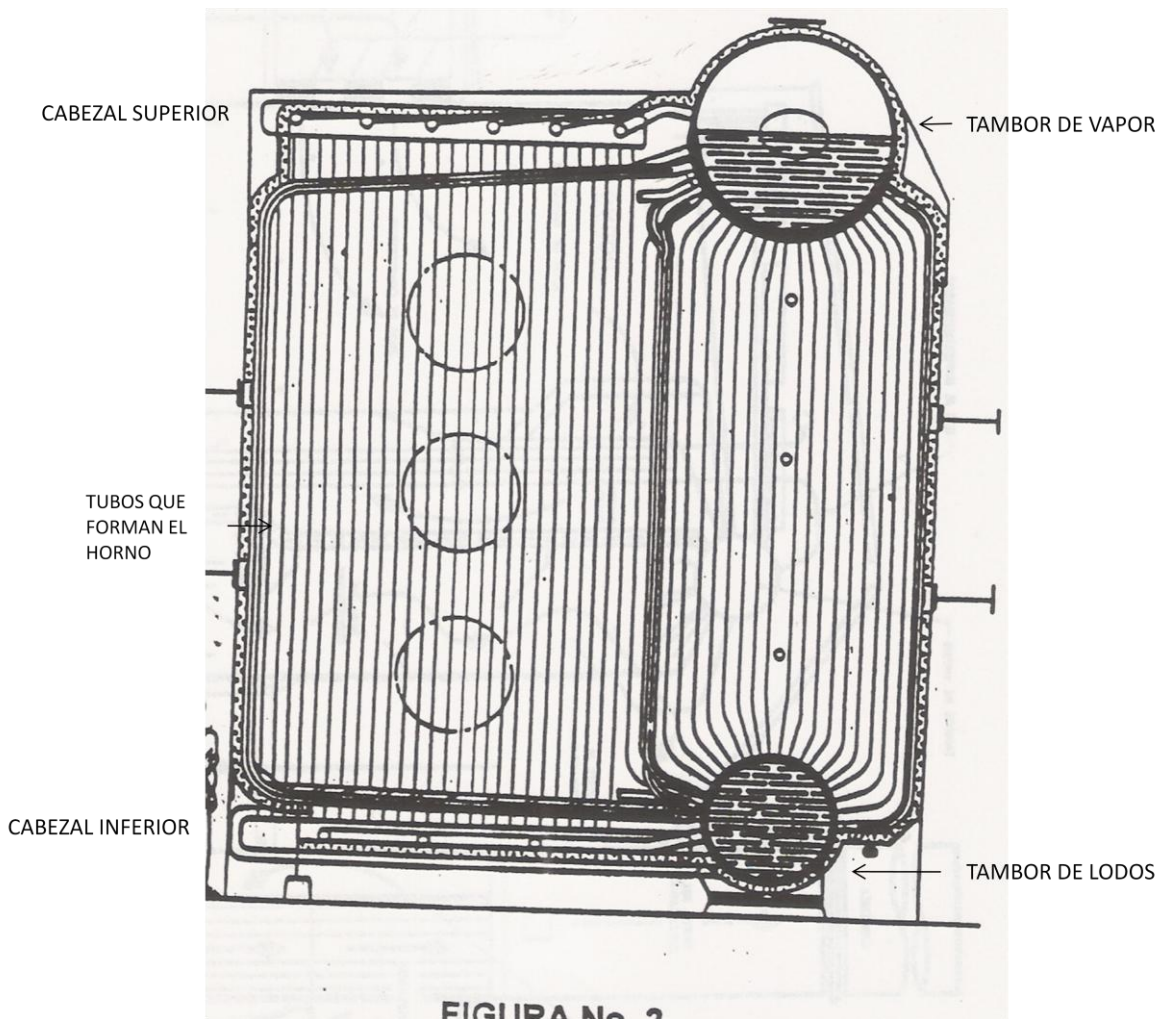
AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

Estas calderas permiten la producción de grandes cantidades de vapor en alta presión y alta temperatura.

Esta conformada por dos tambores (uno arriba y otro abajo) llamados tambor de Vapor y tambor de lodos; los tubos van expandidos dentro de cada uno de los tambores después de formar mediante curvas la caja del hogar (horno).

Entre el tambor de vapor y el tambor de lodos van instalados también expandidos tubos con menos curvatura y menos diámetro que los que forman el horno son llamados tubos del banco principal.

Las paredes laterales de una caldera acuatubular la forman 4 cabezales (tubos) en estos cabezales llega tubería instalada verticalmente y soldada a los cabezales; estos cabezales en uno de sus extremos van soldados a los tambores.



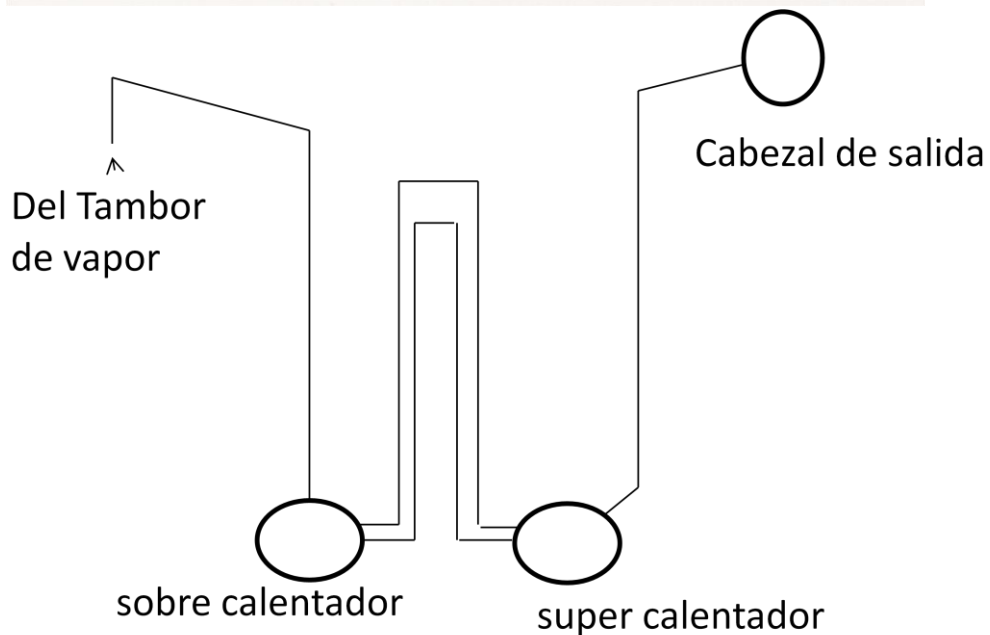
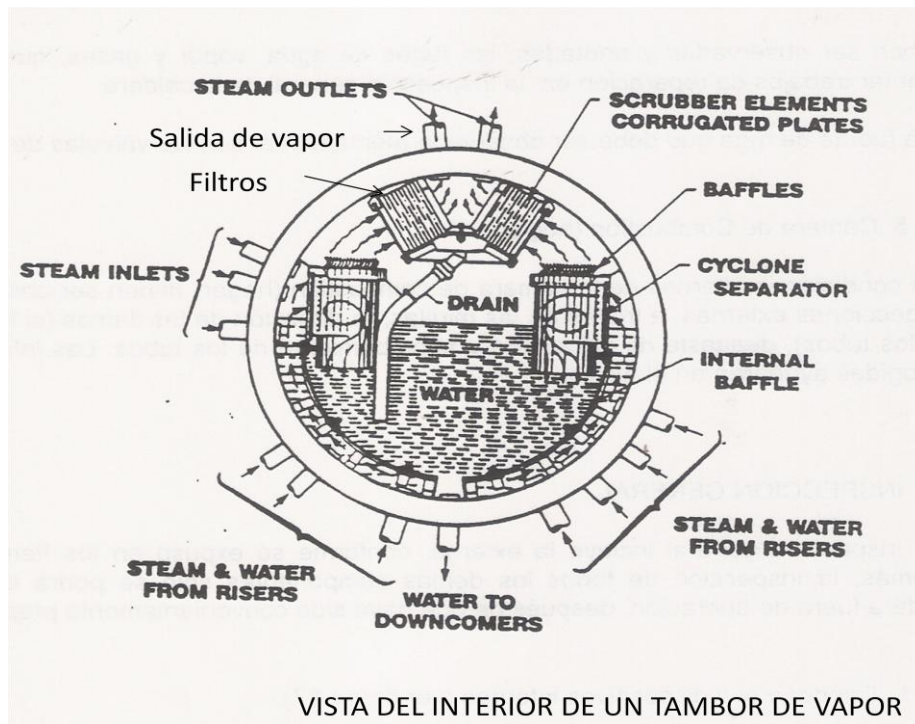
En este tipo de calderas el agua va por dentro de los tubos y por fuera va la llama. El agua por dentro del tubo realiza 2 funciones enfría el tubo para que no se queme y a la vez calienta el agua generalmente son de espesor de pared 0.125".

Cuando el agua es calentada se forma el vapor; el tambor de vapor debe trabajar normalmente en 50% de agua ver el esquema.

El vapor llega al tambor de vapor por el cabezal superior y tubos frontales que no se llenan 100% de agua. (igual a una hoya a presión).

La zona superior del tambor de vapor se llena con vapor húmedo, el vapor húmedo es filtrado en unos filtros instalados en zona superior del tambor de vapor; cuando el vapor es filtrado sale con cierta humedad por unos tubos instalados en zona superior del tambor de vapor hacia un cabezal llamado sobrecalentador y otro cabezal llamado o supercalentador de allí cuando el vapor se encuentra totalmente seco es enviado al cabezal de salida.

En una caldera los tubos que forman el hogar son en material acero al carbono ASTM A 192, los tubos que forman el sobrecalentador y supercalentador son en material cromado ASTM A 213.



Vista del recorrido del vapor después de salir del tambor de vapor

Para realizar la inspección de la tubería de caldera acuatubular; la caldera debe encontrarse apagada (fuera de servicio).

Para la inspección visual de la tubería de pantalla es decir la que recibe la llama directamente; por experiencia el inspector debe ubicarse con un bombillo (no debe haber mas iluminación) debajo del tubo; mirar el tubo en toda su longitud; si este tiene envejecimiento se vera la sombra de la vejiga.

CAUSA DE DAÑO DE LA TUBERIA DE CALDERAS

- Sobrecalentamiento .
- Corrosion
- Cambio de la estructura metalografica y cambios químicos.

El sobrecalentamiento puede ser originado por operación inadecuada de los quemadores provocando la incidencia de la llama sobre los tubos.

Los tubos de una caldera pueden fallar por:

- Incrustación excesiva en la pared interna de los tubos como consecuencia de tratamiento deficiente del agua de alimentación.
- Bajo nivel de agua en el tambor de vapor.
- Circulación deficiente del agua por obstrucion parcial o total de los tubos, como consecuencia de depósitos internos o por error del diseño o montaje.

El sobrecalentamiento puede originar

- Abombamiento de los tubos resultantes de la fluencia del material, pudiendo llegar hasta la rotura.
- Cambio de la estructura del material del tubo principalmente GRAFITIZACION, responsable por disminución de las propiedades mecánicas.
- Deflexión de los tubos
- Oxidación de la superficie expuesta.

Cuando el combustible utilizado contiene Vanadio y Sodio se presenta corrosión a alta temperatura.

Cuando el combustible utilizado contiene Vanadio, Sodio y azufre, durante la combustión se forma pentóxido de Vanadio (V_2O_5) y el sulfato de sodio (Na_2SO_4). La asociación de estos dos compuestos constituyen el corrosivo mas activo que se conoce, en los productos de combustión. Ataca prácticamente todos los materiales metalicos. La mezcla de estos dos compuestos produce eutéctico de bajo punto de fusión, de tal modo que las cenizas depositadas sobre los tubos del hogar fácilmente se funden y fluyen, atacando intensivamente el material.



Si el problema de rotura de la tubería de una caldera es repetitivo se debe realizar limpieza química a toda la tubería.

La inspección por medición de espesor generalmente no muestra bajo espesor en este tipo de tubería.

INSPECCION DE TUBERIA HORNO

En una refinería el crudo es tratado en los hornos para luego sacar los productos derivados del petróleo. Es un sistema idéntico a una caldera con la diferencia que dentro de los tubos circula crudo y en una caldera circula agua y los tubos son en material generalmente son en material 9% Cr y el espesor de pared de hasta $\frac{1}{4}$ " 0,250".

Para la inspección de la tubería se emplea el mismo método descrito para la inspección de tubería de calderas, se puede visualizar enveigamiento, pero a diferencia de la tubería de caldera la inspección por medición de espesor si muestra datos representativos.

Para realizar la medición de espesor se requiere retirar una calamilla que se forma en la pared del tubo externamente.

También es conveniente realizar inspección por medio de boroscopio internamente para verificar que el tubo no tenga incrustaciones de producto.

La rotura de un tubo en un horno generalmente origina incendio dentro del hogar y si no es controlado a tiempo puede expandirse afectando a personas y equipos cercanos.

Para la inspección de tubería de horno el inspector debe estar familiarizado con este tipo de tuberías.

INSPECCION DE TUBERIA DE INTERCAMBIADOR

Los intercambiadores de calor son fabricados bajo la norma TEMA y ASME sección VIII. Generalmente son llamados enfriadores o calentadores dependiendo de la temperatura del fluido que pase por los tubos.

Generalmente la función del intercambiador es realizar una transferencia de calor de frío a caliente o viceversa.

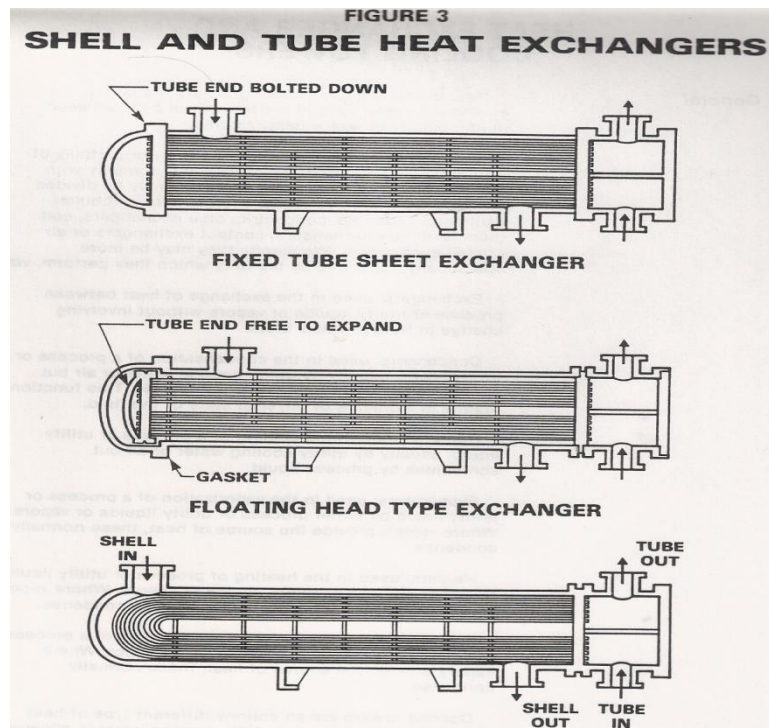
Constan de 2 cabezales donde los tubos van expandidos o soldados y platinas separadoras llamadas baffles; la inspección de la tubería de un intercambiador visualmente podemos ver la tubería perimetral por ese motivo únicamente podemos inspeccionar la tubería en su paso por los baffles donde se puede generar corrosión por acumulación de sedimentos o deformación en los tubos ocasionada al momento de ser introducidos o sacados del casco. La inspección interna de los tubos se realiza por medio de corrientes de EDDY o corrientes inducidas.

También se puede realizar un examen destructivo cortando algunos tubos al azar y cortando luego una muestra en 2 mitades a la muestra se le realiza medición de espesor y verificación de picaduras.

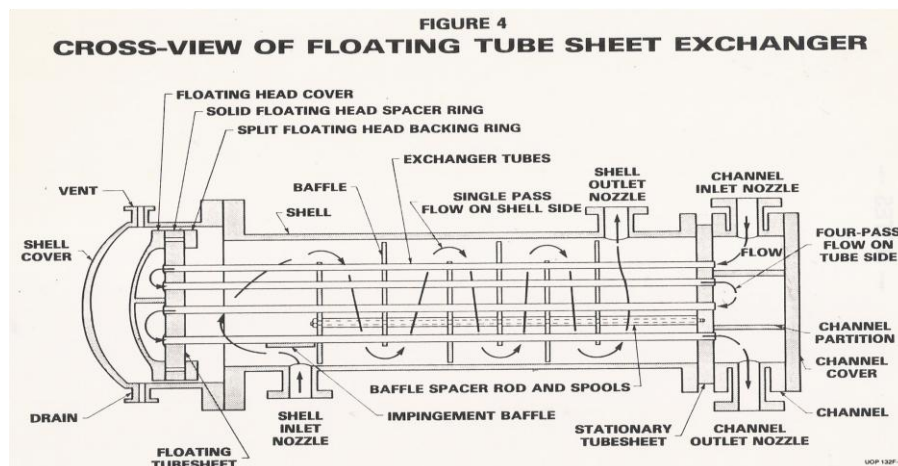
La tubería de un intercambiador es de diámetros 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{5}{8}$ " y $\frac{1}{2}$ " GAGE 12, 14 o 16.

El material mas utilizado es acero al carbono.

VISTA DE LA COMPOSICION DE UN INTERCAMBIADOR



FORMA DE PASAR EL FLUIDO A TRAVEZ DE LOS BAFLES EN EL CASCO

**CAUSAS DE CORROSIONES EN TUBERIAS DE INTERCAMBIADOR**

CORROSION BACTERIANA: La corrosión bacteriana o biológica incluye todo fenómeno de destrucción en el cual estos microorganismos ya sean que actúen directamente fabricando especies agresivas tales como protones o iones sulfuros o como catalizadores de las reacciones, desempeñan un papel importante al acelerar un proceso ya establecido o creando las condiciones favorables para que se produzca dicho fenómeno.

La microbiología se dedica a las formas microscópicas de vida que se denominan microorganismos. De las cinco clases en que se dividen los microorganismos tenemos:

Virus

Bacterias

Hongos

Protozoarios

Algas

Las bacterias son los microorganismos de mayor interés en este contexto. Son organismos extremadamente pequeños de 0.5 micrones, y longitudes de uno a cien veces este valor. Existen miles de especies diferentes de bacterias que se clasifican en géneros y familias. Un factor clasificatorio importante es la forma, cuyos tipos más importantes se enumeran a continuación:

COCUS (prural cocci), del griego “kokkus”, esfera. Son bacterias redondas o esféricas. Una ristra de cocci forma los streptococcus y un plano forman los staphylococcus.

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

BACILLUS (prural bacilli), del latín “bacillum” bastoncito. Son bacterias con forma de bastón.

VIBRIO (prural vibrios), del latín “vibrio” lo que vibra rápidamente. Son bacterias que tienen forma de agujas pequeñas.

CLOSTRIDUM (prural clostridia), del latín “clostridium”, busillo. Son bacterias con formas de agujas pequeñas.

SPIRILLUM (prural spirilla), del latín “spirillum”, espiral pequeña. Son bacterias que tienen diferentes formas helicoidales.

Los principales grupos de bacterias que originan este tipo de corrosión son en orden de importancia: La Bacterias Sulfato Reductoras (BSR), Las Ferrobacterias, Bacterias Formadoras de Mucílagos y Sulfobacterias.

BACTERIAS SULFATO REDUCTORAS (BSR)

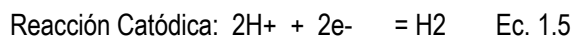
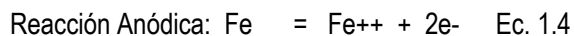
Las bacterias BSR pertenecen a la familia de las Espiriláceas y su género más importante es el Desulfovibrio, que tiene el poder de reducir los iones sulfato a sulfuro, son anaeróbicos y pueden crecer en agua dulce o salobre, en aguas de desecho, en suelos y en aguas de perforaciones petroleras, se encuentran bajo las capas de herrumbre que se hallan en contacto con el metal, ahí donde no llega el oxígeno (estas bacterias son anaeróbicas).

La temperatura óptima de crecimiento de estas bacterias fluctúa entre 25 y 37°C y un pH entre 6 y 8. Estas bacterias transforman los sulfuros en ácido sulfhídrico o sulfuro de hidrógeno (H₂S), el cual se combina con las sales ferrosas para formar sulfuros de hierro. También existen en este mismo tipo de bacterias termófilas que se adaptan hasta temperaturas de 82°C.

Quizá la principal característica de las BSR es el hecho de que permita que la corrosión ocurra en circunstancias en las cuales no se espera tenerlas, por Ej. A un pH neutro y ausencia virtual de oxígeno. Además pueden ser bacterias “sessiles”, es decir que se adhieren a una superficie donde crecen. Este hecho es muy importante puesto que el recuento de colonias obtenido a partir de muestras de agua solo permite la estimación del número de bacterias “plantónicas” o sea de las que están flotando en el agua, por lo tanto es solo un indicio (y en general por defecto) de la población bacteriana del sistema.

Las BSR además de catalizar la reducción de iones sulfato y proporcionar una fácil trayectoria metabólica, tienen dos efectos más, el primero es estimular la reducción de iones hidrógeno y el segundo es la precipitación de capas negras de sulfuros de hierro que tienden a causar mayor corrosión acelerada por que son catódicos son respecto al acero, ocasionando picado profundo en las áreas adyacentes libres de depósitos. En la Ec. 1.4 se observan las principales reacciones en corrosión anaeróbica:

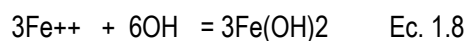
Los mecanismos de reacción son los siguientes:



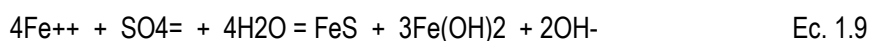
Despolarización:



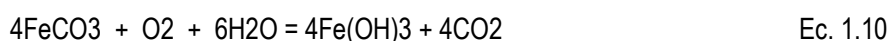
Reacciones de los productos de corrosión:



Ecuación completa balanceada:



Ferrobacterias: Las ferrobacterias obtienen la energía necesaria para su síntesis a partir de la transformación de las sales ferrosas en sales férricas.



Pueden subsistir en aguas dulces o saladas. Se les encuentra en piscinas, pozos, filtros, tuberías y otros equipos. Son bacterias aeróbicas pero pueden crecer a bajas concentraciones de oxígeno.

Este tipo de bacterias habitan en aguas que contengan iones o sales ferrosas. Las ferrobacterias pertenecen a diversas familias, especialmente a las de las Caubacteriaceae, Sideracapsaceas y Crenothriaceae.

BACTERIAS FORMADORAS DE MUCÍLAGOS O SLIME. Estas bacterias no pertenecen a un único grupo bacteriano. Existen muchos tipos de bacterias capaces de formar un producto mucilaginoso, que en general en una cobertura celular. Algunos tipos son aeróbicos, otros anaeróbicos y algunos son facultativos. Producen el mucílago sobre las superficies sólidas.

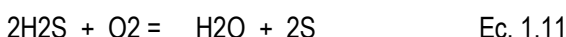
Las principales familias de este grupo son: Pseudomonas, Enterobacter, Aerobacter, Bacillus, Escherichia y Flavobacterium. Son heterotróficas y obtienen su energía de fuentes orgánicas como alcoholes, azúcares, ácidos, etc., La Pseudomona puede utilizar los hidrocarburos como fuente de energía.

Son poderosos taponantes de las formaciones y contribuyen a la corrosión pues al aislar superficies permiten la formación de celdas de concentración de oxígeno por un lado y por el otro, el crecimiento de BSR.

Este tipo de bacteria está muy difundido. Se las encuentra en pozos, filtros, tuberías, equipos y piscinas, produciendo un mucílago que puede ser blanco, amarillo, rojo, marrón o negro.

SULFOBACTERIAS. Por lo que se refiere a la corrosión propiamente dicho, este grupo de bacterias reviste una importancia mucho menor que la de los grupos anteriores.

Las sulfobacterias metabolizan el azufre a partir de compuestos azufrados reducidos y los expulsan al medio ambiente o lo almacenan dentro de su célula o bien oxidan el azufre o sus compuestos mediante oxígeno del exterior para formar ácido sulfúrico, esto es:



Estas bacterias pertenecen fundamentalmente a dos clases:

Bacterias aeróbicas incoloras

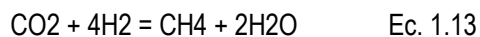
Bacterias anaeróbicas coloreadas

Bacterias aeróbicas incoloras. De este tipo de bacteria la Beggiatoa es el mejor ejemplo. Se encuentra en aguas que contienen sulfuro de hidrógeno (H₂S), particularmente donde las tuberías colectoras vuelcan el agua en piscinas abiertas. Se caracteriza por un lodo grisáceo que puede taponar los filtros. Produce iones sulfato, es decir nutrientes para las BSR.

Tienen la particularidad de no crecer en cultivos de laboratorio, de modo que debe ser reconocida al microscopio. Se caracteriza por poseer filamentos y gránulos de azufre intracelulares.

Bacterias anaeróbicas coloreadas. Unos Ej. De este tipo de bacteria son: Chlorobium (verde) y Chroatiun (púrpura), que requieren la luz solar para efectuar la fotosíntesis y producen una descomposición biológica.

Bacterias metanogénicas. Son bacterias aeróbicas o anaeróbicas que se encuentran en aguas producidas y en piscinas de aguas aceitosas donde ellas producen gas metano por la reducción de dióxido de carbono con el hidrógeno molecular:



La utilización del hidrógeno de la superficie del metal puede causar despolarización catódica y así incrementar un proceso de corrosión.

Otros tipos de bacterias. En la prevención de la corrosión bacteriana hay que tener en cuenta que existen otros microorganismos que contribuyen a la corrosión como es el caso de los hongos que secretan ácidos orgánicos y las algas que proporcionan materia orgánica para el crecimiento de otros microorganismos. Como sucede en el caso de los hongos las algas también pueden metabolizar sustancias ácidas corrosivas.

Para evitar la corrosión bacteriana tenemos reactivos químicos como:

Bactericidas: sustancias que matan bacterias

Bacteriostatos: Sustancias que inhiben el crecimiento de las bacterias

Biocidas: Sustancias que controlan el crecimiento de bacterias y eliminan otras formas de vida.

Biostátos: Compuestos que retardan el crecimiento de bacterias y otras formas de vida

CORROSION POR OXIGENO (O₂)

El oxígeno (O₂), es el más peligroso de los agentes corrosivos, aún en concentraciones menores que una parte por millón (1 ppm) su ataque es severo, además su presencia junto al Dióxido de Carbono (CO₂) o al Sulfuro de Hidrógeno (H₂S) aumenta la corrosividad.

La solubilidad del oxígeno en salmueras disminuye con la concentración de estas, y depende de la presión, la temperatura y la concentración de Cloruros.

En aguas que contienen altas concentraciones de sal, la corrosión es proporcional a la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Como la concentración de sal en el agua se incrementa, la solubilidad del oxígeno disminuye y, consecuentemente, la rata de corrosión es reducida. Esto se muestra en la figura 1.3, donde datos de grandes tasas de corrosión representan soluciones de bajas concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) y por eso altos valores de saturación de oxígeno. La tasa de corrosión muestra un máximo de 5 mgr de de pérdida de peso para el acero al carbón en presencia de 5 p.p.m de oxígeno y 0.5 moles de cloruro de sodio. En aguas que contienen bajas concentraciones de sal, la corrosión es generada por la conductividad del agua.

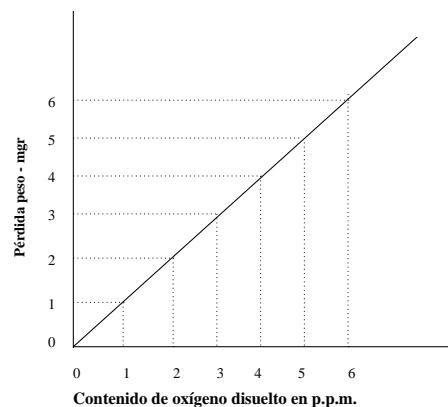


FIG. 1.3 CORROSION DEL ACERO POR OXIGENO DISUELTO EN AGUA SALADA

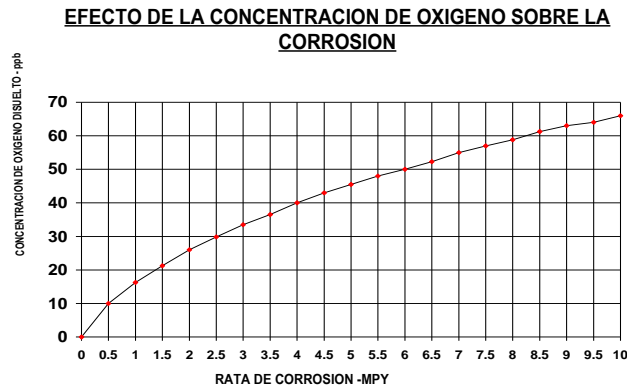
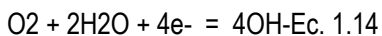
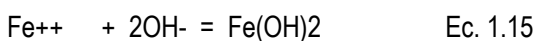


Fig. 1.4

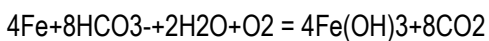
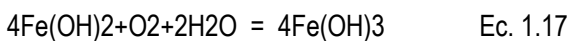
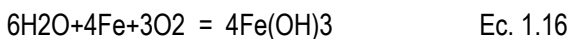
El mecanismo de corrosión por oxígeno esta dado fundamentalmente por la siguiente reacción catódica:



El contacto de los iones Fe con el oxígeno ocasiona diferentes productos sólidos, todos ellos perjudiciales desde el punto de vista de la corrosión. Ellos son el Hidróxido Férrico $\text{Fe}(\text{OH})_3$ y el óxido férrico (Fe_2O_3). Cada uno de estos compuestos en realidad tiene más de una estructura sólida posible, que depende de las condiciones del medio ambiente en que es precipitado. La reacción de precipitación de ($\text{Fe}(\text{OH})_2$) es:



En presencia de aire son posibles al menos tres reacciones de oxidación y formación de ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) que son:



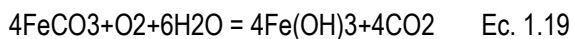
Ec. 1.18

La importancia de evitar la presencia de oxígeno en el sistema es que el Hidróxido Férrico es mucho más insoluble que el ferroso (hierro en solución).

La corrosión también puede ser causada por las celdas de aireación diferencial, la cual es causada por la diferencia de concentración de oxígeno entre las dos partes del sistema. La diferencia de potencial es el resultado entre la parte de alta concentración de oxígeno y la de baja concentración de oxígeno, por eso la corrosión ocurre en el área de la celda de menor concentración de oxígeno.

Las celdas de aireación diferencial, pueden ocurrir cuando depósitos o crecimientos de bacterias se acumulan en un sistema. El área bajo los depósitos es cubierta y la concentración de oxígeno disminuye. Entonces la corrosión ocurre bajo estos depósitos. Esto frecuentemente dificulta que los inhibidores de corrosión o bactericidas lleguen a estas áreas a menos que los depósitos sean removidos o limpiados.

Por otra parte existen ciertas bacterias aeróbicas (pero que pueden necesitar sólo cantidades pequeñas de oxígeno, por ejemplo menos que 0.5 ppm) que oxidan hierro del estado ferroso a hierro férrico el cual precipita como un recubrimiento que por un lado contribuye a la corrosión, y por el otro contribuye a formar un ambiente anaeróbico para las BSR. El proceso se observa en la ecuación 1.19:

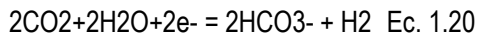


Y las bacterias aeróbicas en cuestión son de los géneros *Siderocapsa*, *Gallionella* y *Sphaerotilus*, probablemente la principal sea *Gallionella Ferruginea*. Su hábitat principal es el agua dulce aunque también pueden vivir en aguas salobres.

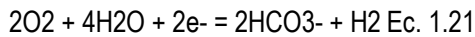
CORROSION POR DIOXIDO DE CARBONO (CO2)

El dióxido de carbono disuelto en el agua puede contribuir a la corrosión del acero. La corrosión causada por el contenido de dióxido de carbono disuelto en agua es caracterizada por superficies uniformemente delgadas y limpias bajo la línea de agua. La tasa y la cantidad de corrosión depende de: las sales disueltas en agua, el contenido de dióxido de carbono, el contenido de oxígeno, la temperatura, y la composición del acero. El dióxido de carbono está presente en el agua como: 1. en iones carbonato, 2. El dióxido de carbono necesario para convertir el carbonato en bicarbonato, 3. La cantidad de dióxido de carbono necesario para guardar los bicarbonatos en solución y 4. Algunos excesos de dióxido de carbono. Este exceso de dióxido de carbono es referido como dióxido de carbono “agresivo” y esta es la forma más corrosiva.

En la corrosión causada por dióxido de carbono disuelto en agua, la siguiente reacción es aplicada donde el dióxido de carbono reacciona con agua para formar bicarbonatos, pero no carbonatos:



La reacción de despolarización de oxígeno en el cátodo es:



La comparación de estas reacciones indica que, en la base de electrones, el oxígeno disuelto en agua podría ser cuatro veces más corrosivo que una cantidad igual molar de dióxido de carbono.

Cuando el dióxido de carbono disuelto en agua actúa como un ácido, de modo que la acidez de la solución y la tasa de corrosión son incrementadas por el aumento de la presión parcial del dióxido de carbono. La corrosión puede ocurrir debido a la evolución del hidrógeno gaseoso a un pH 6 con dióxido de carbono. Esto puede ser explicado por el hecho que el ácido carbónico es un ácido poco ionizado y por eso puede requerir una gran cantidad de ácido carbónico, o más acidez total, para obtener un pH 6 que la cantidad de ácido carbónico necesario para obtener un pH 4. La tasa de corrosión es influenciada por la presión parcial del dióxido de carbono.

Esto es ilustrado en la figura 1.5. La tasa de corrosión incrementa rápidamente con el aumento de la presión parcial del dióxido de carbono hasta 200 psia. Hay un menor aumento a 300 psi, a mayores presiones se notaron menos los cambios.

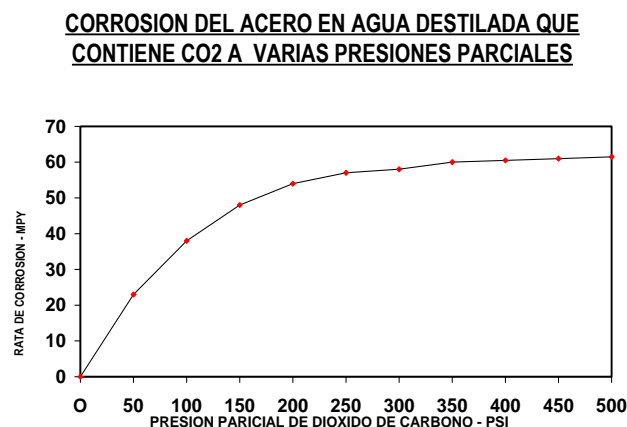


Fig. 1.5

El agua que contiene ambos gases disueltos oxígeno y dióxido de carbono es más corrosiva para el acero que el agua que contiene solamente uno de estos gases. Por ejemplo en una solución que contiene 10 p.p.m de dióxido

INSPECCION DE TUBERIAS

AUTOR DANIEL TOLOSA GRANADOS

de carbono, la tasa de corrosión es de 8 milésimas de pulgada por año (mpy), en una solución que contiene 0.67 p.p.m de oxígeno disuelto, la tasa de corrosión es de 4 mpy. Una solución que contiene una cantidad por encima de cada uno de estos gases disueltos, tiene una tasa de corrosión de 17 mpy, la cual es más alta que la suma de las tasas de corrosión de los gases individuales. Este efecto ocurre en concentraciones bajas de oxígeno y puede ser referido a la naturaleza de los productos de corrosión. En altas concentraciones de oxígeno, la formación de una membrana por la corrosión que se adhiere sobre la superficie del metal no es esencialmente afectada por el dióxido de carbono, mientras que a bajas concentraciones de oxígeno, el dióxido de carbono interfiere con la formación de la membrana de corrosión, resultando un incremento en la tasa de corrosión.

El dióxido de carbono disuelto influencia la solubilidad del magnesio y el carbonato de calcio. Estas sales algunas veces precipitan sobre la superficie de la tubería y forman una capa protectora. El agua que contiene dióxido de carbono agresivo no puede depositar esta capa protectora. Las sales disueltas en agua actúan como buffer, y así de ese modo previenen que el pH alcance su valor más bajo y pueden producir una corrosión severa.

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA CORROSION

El efecto de los cambios de la temperatura en la tasa de corrosión en agua es más compleja que el simple principio químico. Ese aumento en la temperatura en un sistema de corrosión tiene cuatro principales efectos: 1. La tasa de reacción química se incrementa, 2. La solubilidad de los gases en el agua se disminuye, 3. La solubilidad de algunos de los productos de reacción pueden cambiar, resultando diferentes productos de la reacción de corrosión, 4. La viscosidad disminuye y se presentan algunas diferencias térmicas al aumentar la circulación. Generalmente si el aumento de la temperatura no es uniforme sobre el sistema metálico, las áreas demasiado calientes tienden a ser anódicas a las áreas frías. De esto puede resultar la corrosión por "pitting". El zinc es normalmente anódico al acero en agua y en algunas veces usado como un material de sacrificio en la protección catódica del acero. Sin embargo, esto puede cambiar con el aumento de la temperatura. En un rango de temperatura de 60 a 90°C, el zinc puede llegar a ser el cátodo, resultando la corrosión en el acero.

INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD EN LA CORROSION

La velocidad del agua sobre la superficie de un metal influye en la tasa de corrosión. En aguas estancadas ó aguas con velocidad cero, la tasa general de corrosión es usualmente baja, pero puede ocurrir corrosión localizada o "pitting" bajo depósitos. Generalmente algún movimiento en un sistema de corrosión permite uniformidad y el tipo de corrosión es más general que pitting.

La turbulencia puede ocurrir a altas velocidades y la turbulencia puede causar erosión corrosión. A altas velocidades, la película del producto de corrosión puede ser removida, lo cual permite la corrosión del metal descubierto. Sistemas los cuales contienen áreas de alta y baja velocidad. Estos depósitos de sólidos pueden restringir la difusión de oxígeno, resultando corrosión bajo estos depósitos. En sistemas libres de oxígeno, el área sujeta a altas velocidades llega a ser anódica al área sujeta a baja velocidad y se corroe. Cuando el

oxígeno disuelto esta presente, una celda de concentración de oxígeno disuelto esta presente, una celda de concentración de oxígeno se forma y el área de baja velocidad (recibe menos oxígeno) llega a ser un área anódica.

En sistemas que contienen oxígeno, el reabastecimiento de oxígeno en la superficie del metal puede ser bajo y el producto de la corrosión es relativamente poroso. La tasa de corrosión se incrementa con la velocidad en tales sistemas, hasta que la tasa de reabastecimiento de oxígeno es lo bastante alta para proveer una película protectora de hidróxido férrico y entonces la tasa de corrosión tiende a disminuir. Si la velocidad es adicionalmente aumentada la tasa de corrosión puede incrementarse a causa de la remoción mecánica de los productos de corrosión.

Velocidades extremadamente altas pueden alcanzar áreas de baja presión donde se pueden formar burbujas de vapor, las cuales pueden causar daños por erosión-cavitación en áreas de alta presión. Un ataque corrosivo puede ocurrir, bajo condiciones de flujo turbulento, si el agua transporta desechos de materiales y burbujas de aire. Pueden presentarse picaduras muy rápidas en un corto tiempo, posiblemente por socavación causada por el impacto de burbujas de aire. La erosión mecánica puede presentarse en aguas que llevan arena, sólidos en suspensión y otras partículas a altas velocidades.

La influencia en la tasa de corrosión inicial por la velocidad del flujo de agua a través de la tubería de acero ha sido estudiada por SPELLER y KENDALL. a una temperatura de 80°F, y concluyeron que la tasa de corrosión se incrementa con el aumento de la velocidad. En sistemas cerrados a condiciones de alta temperatura la tasa de corrosión en tuberías, continúa incrementándose con el aumento de la velocidad. Esto indica que la superficie del acero no siempre puede ser pasivada por el aumento de oxígeno en su superficie. Esto puede depender de las condiciones originales sobre la superficie.

En un sistema abierto a la atmósfera, la tasa de corrosión del acero al carbón por oxígeno disuelto en el agua decae a los 170 °F, debido a que los gases disueltos comienzan a liberarse de la solución y a escapar hacia la atmósfera. Ver Fig. 1.6

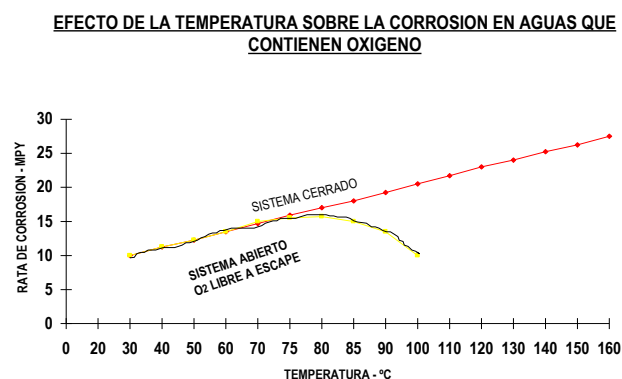
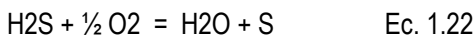


Fig. 1.6

INFLUENCIA DEL SULFURO DE HIDROGENO (H₂S) DISUELTO EN LA CORROSION

El sulfuro de hidrógeno, así como dióxido de carbono, no es corrosivo en ausencia de humedad, pero es corrosivo en presencia de esta. El sulfuro de hidrógeno es muy soluble en agua y una vez disuelto se comporta como un ácido débil. Generalmente el sulfuro de hidrógeno presente en las formaciones de gas y petróleo se encuentra disuelto en el agua salada, en esta forma ataca el acero al carbón y las aleaciones no resistentes a ácidos. Cuando el fluido producido asciende a superficie, el oxígeno del aire puede penetrar en él y lo puede hacer más corrosivo, aún llegando a atacar las aleaciones resistentes a los ácidos. El oxígeno disuelto oxidará lentamente el sulfuro de hidrógeno y como resultado se obtiene agua y azufre libre, de acuerdo a la siguiente ecuación:



La tasa de corrosión del acero al carbón en presencia de soluciones que contienen sulfuro de hidrógeno, varía con la concentración. La fig. 1.7 muestra la variación de la tasa de corrosión con respecto a concentraciones de H₂S, variando de 2 a 2.640 ppm a una temperatura constante de 80°F. Las tasas de corrosión aumentan rápidamente con el aumento de concentración de H₂S, hasta 150 ppm (25 mpy) y se mantiene alrededor de esta tasa de corrosión hasta 400 ppm de H₂S, y luego disminuye rápidamente al aumentar la concentración de H₂S hasta aproximadamente 1.600 ppm . De 1.600 - 2.640 ppm de H₂S la tasa de corrosión permanece constante (9 mpy), lo que indica que a altas concentraciones de H₂S, este muestra un efecto inhibitorio de la reacción de corrosión.

Las tasas de corrosión del acero al carbón en presencia de H₂S disuelto también son influenciadas por la presencia de sales disueltas y dióxido de carbono disuelto.

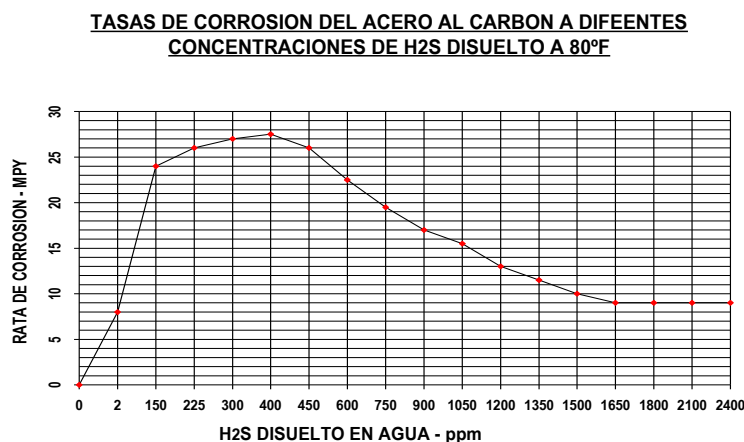
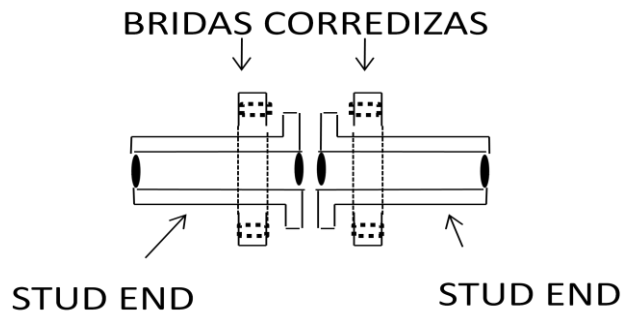


Fig. 1.7

TENER EN CUENTA SIEMPRE QUE LE TOQUE DAR CONCEPTOS SOBRE TUBERIAS

- Las tuberías son esenciales para la operación de cualquier sistema sin ellas no existirían los procesos industriales.
- Los materiales ASTM A son metales ferrosos.
- Los materiales ASTM B son metales no ferrosos.
- Los metales ferrosos tienen en su composición química carbón y hierro
- Los metales no ferrosos tienen en su composición química hierro pero no tienen carbón.
- Los criterios a tener en cuenta para establecer intervalos de inspección de acuerdo con RBI son:
 - a. Rata de corrosión.
 - b. Clasificación del servicio.
 - c. Requerimientos jurisdiccionales.
 - d. Criterio del inspector en base a inspección suplementaria.
- Los metales ASTM 312 SX al igual que el Alloy 20 no pueden estar en contacto con el acero al carbón en la soporteria es recomendable aislar el espacio entre los metales descritos y el soporte con lamina de teflón.
- Las bridas para metal SX deben ser corredizas montadas en STUD END



- Un inspector de tuberías debe inspeccionar y calibrar todo el circuito mostrado en un isométrico, pero además de esto debe también inspeccionar y calibrar todas las salidas del circuito que no aparece como Tml.
 - La responsabilidad del inspector es garantizar que el circuito objeto de la inspección no falle durante la corrida.
- “Corrida: Tiempo entre una y otra apagada de planta”**
- Recuerde cada fluido forma una corrosión diferente.
 - Tenga en cuenta que usted es inspector de tuberías; no calibrador de tuberías.
 - Los defectos encontrados valórelos de acuerdo con el ASME B 31.3, el ASME indica que defectos se pueden aceptar y que defectos requieren cambiar sección de tubería.
 - Las corrosiones con picadura y erosión externas e internas se evalúan de acuerdo con ASME B 31 G
 - Si en su caso le toca hacer una recomendación para reparar t/o cambiar tubería tenga en cuenta que el inspector no cambia diseño, la recomendación es para que el circuito obtenga su condición de diseño las herramientas para tener en cuenta en la recomendación se encuentran en el inicio de este manual.
 - La recomendación emitida hágala entendible.
 - Ubíquese usted como ejecutor.
 - El tiempo de una planta fuera de servicio genera lucro cesante que en el caso de una refinería o planta química son muchos millones de dólares por ese motivo es que usted como inspector de tuberías debe garantizar que estas pueden operar con confiabilidad, por eso los trabajos que se recomienden durante la sacada de planta para mantenimiento deben ser aquellos estrictamente necesarios; los trabajos que no se requieren inmediatamente

recomiéndelos para la próxima sacada de servicio de la plata en mención.(recomendación posterior)

En los trabajos con recomendación posterior se debe tener en cuenta lo siguiente: si requiero cambiar un codo con recomendación posterior es preferible cambiar la pieza completa de brida a brida.

El trabajo recomendado se realiza con rapidez durante la sacada de planta.

- Los controles de calidad son iguales a los realizados cuando fabricaron el circuito nuevo ASME Secc V – ASME **Secc IX** para soldaduras y end.
- Toda tubería cambiada se le debe realizar prueba hidrostática para localizar fallas de fabricación o falla en soldadura.
- Cuando recomiende cambios en juntas SOSKET; la soldadura debe quedar $\frac{1}{4}$ " T; siendo T espesor de pared; ver ASME 31.3 figura 328.52C.

“RECOMENDACIÓN POSTERIOR: Es un trabajo a realizar cuando la planta sea sacada de servicio nuevamente”.

BIBLIOGRAFIA

1. THE PROCEDURE HANDBOOK OF ARC WELDING 13^o Edition Dec 1994
2. POCKET WELDING GUIDE
3. GUIA DE ALEACIONES Y PRODUCTOS Eutetic + Castlin 1^o edición
4. ACERO Y ALEACIONES PROPIEDADES, APLICACIONES Y SOLDABILIDAD
(Constancio Figueroa Ruano)
5. MANUAL DE SOLDADURA (Electro MANUFACTURAS
6. CONTROL TERMICO EN PRE Y POSCALENTAMIENTO
Henry Lizcano Páez (INSERCOR)
7. CORROSION EN SOLDADURAS Henry Lizcano Páez (INSERCOR)
8. AMERICAN WELDING FOR SOCIETY
9. CODAP 95
10. EXXON , Construction Material Manual, my 1980
11. HANDBOOK SELECCION DE MATERIALES
12. SANVIK STELL
13. WELDING JOURNAL, AWS volume 72, number 11-1993
14. TRAIN YOUR REFINERY INSPECTOR - TYRI UOP 1995

