



OGMAN®

Ogman Tuberías Inoxidables, S.A. de C.V.

ASME entrega
válvulas electropulido
empaques estándares
inspección certificación
tubería filtros **diseño**
abrazaderas ogman conexiones
ASME EPS **electropulido**
filtros mirillas **innovación**
ogman VÁLVULAS entrega ogman
entrega respaldo
importación
filtros ogman **diseño**
fabricación
innovación certificación
calidad ogman
distribución
electropulido tubería
inspección ASME
estándares innovación
certificación

calidad
ogman
innovación



MANUAL 2015

www.grupoogman.com

"La calidad no es negociable"



***Tubería, válvulas, conexiones
y fabricaciones especiales sanitarias,***

Servicio de Electropulido

***Intercambiadores de Calor,
Tanques y Recipientes***

***de acero inoxidable para las industrias
Alimentaria y Farmacéutica***



Ogman Tuberías Inoxidables, S.A. de C.V.

Correo: ventas@grupoogman.com
Web: www.grupoogman.com

Autores: Jorge Villafranca y Sergio Cuevas

Edición 2015

Derechos reservados. Registro No. 03-2009-062311544700-01.

Fotografía en portada: Escultura "Geformte Chromnickelstahlrohre" (formación de tubos de acero al cromo-níquel) por Gertrude Reum en la exhibición "Skulpturgarten" (jardín de esculturas) en Dilsberg, Alemania.



HISTORIA

En **1990** se funda **Arulex Co.**, la primera empresa del **GRUPO OGMAN**, en Houston, Texas, con el propósito de suministrar materiales para las industrias alimentaria y farmacéutica a través de distribuidores mexicanos. Para disminuir costos y brindar un mejor servicio, ampliamos nuestra operación a México y estamos ahora a sus apreciables órdenes a través de la compañía **OGMAN Tuberías Inoxidables, S.A. de C.V.**, estrechamente ligada a la empresa original.



**En OGMAN Tuberías Inoxidables (OTI) encontrará,
para BENEFICIO de su PROYECTO:**

- **25,000 metros** de tubo y cientos de conexiones higiénicas 3-A y farmacéuticas ASME BPE en stock.
- Fabricación de conexiones estándar o **con diseño especial**.
- Marcas Certificadas y de prestigio mundial:
 - Tubería RathGibson y King-Lai (Polaris).
 - Válvulas GEMÜ y King-Lai.
 - Intercambiadores de calor, tanques y carcasas de filtros ALLEGHENY BRADFORD.
- **Opciones únicas en el mercado:**
 - Electropulido de tubería, válvulas, conexiones con $Ra < 10\mu$ -pulgadas, y tanques.
 - Válvulas de mariposa con abrazadera integral.
 - Tubería pre-aislada para mínima transferencia de calor.
 - Capacidad de producir acabado electropulido con Ra menor a 10μ -pulgadas.

Nuestra Misión:

Proveer productos y servicios para las industrias alimentaria y farmacéutica a través de una empresa que es orgullo de sus integrantes y la preferida en el mercado por su calidad y seriedad.

Nuestro Lema:

"La calidad no es negociable".

MANUAL

OGMAN

Introducción

Este MANUAL surge de la necesidad de hablar en un mismo idioma cuando realizamos transacciones involucrando materiales de acero inoxidable para las industrias alimentaria y farmacéutica, pretendiendo unificar criterios para especificar y responder algunas preguntas que frecuentemente escuchamos.

Al reunir conocimientos hasta ahora aislados y proponer descripciones exactas de los materiales, es factible realizar suministros más apegados a las necesidades del usuario. Simultáneamente, la presentación simple de normas, métodos de fabricación e inspecciones, evitan requerimientos excedidos o equivocados, tales como "tubo sin costura", "acabado espejo", "codos radio largo", etc.

A lo largo del MANUAL haremos referencia a varias especificaciones, como ASTM, 3-A, ASME, DIN, etc., cuyo significado aparece en el Glosario de este MANUAL.

Además de la tubería, en varios capítulos se muestra información íntimamente ligada a los conceptos sanitarios, incluyendo acabados, soldadura orbital y pasivación.

Breve historia del acero inoxidable

Desde la antigüedad sólo algunos artefactos resistentes a la corrosión han sobrevivido, un famoso ejemplo es el Pilar de Hierro de Delhi, construido por orden de Kumara Gupta I alrededor del año 400 D.C. A diferencia del acero inoxidable, estos artefactos, sin embargo deben su durabilidad no al cromo, sino a su alto contenido de fósforo, que en conjunto con condiciones climáticas locales favorables, promueven una capa protectora pasiva sólida de óxidos de hierro y fosfatos, en lugar de una capa desprotegida y corroída que se desarrolla en la mayoría de los hierros.

La resistencia a la corrosión de las aleaciones de hierro-cromo se reconoció por primera vez en 1821 por el metalurgista francés Pierre Berthier, quien notó una resistencia al ataque de ciertos ácidos, sugiriendo su uso en cuchillería. Metalurgistas del siglo XIX, sin embargo, no fueron capaces de producir una combinación de bajo carbono y alto cromo encontrado en la mayoría de los aceros inoxidables modernos y las aleaciones de alto cromo que ellos podían producir eran demasiado frágiles para ser prácticas.

A finales de 1890, Hans Goldschmidt, de Alemania, desarrolló un proceso aluminotérmico para producir cromo libre de carbón. En los años de 1904 a 1911, algunos investigadores, particularmente Leon Guillet de Francia, prepararon aleaciones que hoy en día se consideran acero inoxidable.

La compañía Alemana de construcción de barcos Friedrich Krupp, construyó en 1908 el yate "Germania" de 366 toneladas, el cual tenía un característico casco de acero cromo-níquel. Por ese tiempo, Philip Monnartz reportó la relación entre el contenido de cromo y la resistencia a la

corrosión. El 17 de Octubre de 1912, ingenieros de Krupp, Benno Straus y Eduard Maurer, patentaron el acero inoxidable austenítico.

A Harry Brearley del laboratorio de investigación Brown-Firth en Sheffield, Inglaterra, se le acredita como el inventor del acero inoxidable. En 1913, mientras buscaba una aleación resistente a la erosión para barriles de armas, descubrió y posteriormente industrializó una aleación de acero inoxidable martensítico. El descubrimiento fue anunciado dos años después en enero de 1915 en un artículo de The New York Times. Posteriormente se comercializó bajo el nombre de "Starbrite", marca de Firth Vickers en Inglaterra y se utilizó en el techo de la entrada del Hotel Savoy en Londres en 1929.

Tubería

Fabricación

La tubería normalmente empleada en las industrias alimentaria y farmacéutica se fabrica a partir de un fleje cortado de rollo de lámina de acero inoxidable (ver Ilustración 1), formado por una serie de rodillos que acercan las dos aristas longitudinales y un proceso de soldadura de arco eléctrico o rayo láser que las une sin aporte de material en una atmósfera de gas inerte.

Si tanto equipo como material y parámetros son los adecuados, la tersura de la superficie del cordón de soldadura, exterior e interior, puede estar muy cerca del concepto "sanitario".

Hasta esta etapa, la tubería así fabricada coincide con los procesos básicos dados en las normas ASTM A778 (Standard Specification for Welded, Unannealed Austenitic Stainless Steel Tubular Products) para productos tubulares de acero inoxidable austenítico para conducción, o bien la ASTM A554 (Standard Specification for Welded Stainless Steel Mechanical Tubing) para tubo mecánico con costura, base del tubo "ornamental"

Menos frecuente es el uso de la tubería fabricada a partir de un bloque de acero que se perfora y se trabaja en caliente, forzándolo a tomar su forma entre rodajas y mandriles. Ante la ausencia de soldadura, este tubo se conoce como "sin costura". Es importante enfatizar que la tubería soldada, cuando se pule mecánicamente, es fácil de confundir con tubería sin costura, ya que el cordón es difícil de percibir a simple vista.

El proceso de soldadura altera la estructura metalográfica original de la lámina de acero inoxidable, por lo que es deseable someter el tubo a un tratamiento térmico que la restituya. El proceso es conocido como "Recocido" (ver Ilustración 2) y puede realizarse en atmósfera oxidante o en atmósfera de hidrógeno. En el primer caso es necesario limpiar químicamente la superficie mediante un "Decapado", pero en el segundo caso ésta se mantiene brillante, característica de donde el tratamiento recibe el nombre de "Recocido Brillante" ("Bright Annealing").



Ilustración 1: Rollos de lámina de acero inoxidable, materia prima para la fabricación de tubería sanitaria.

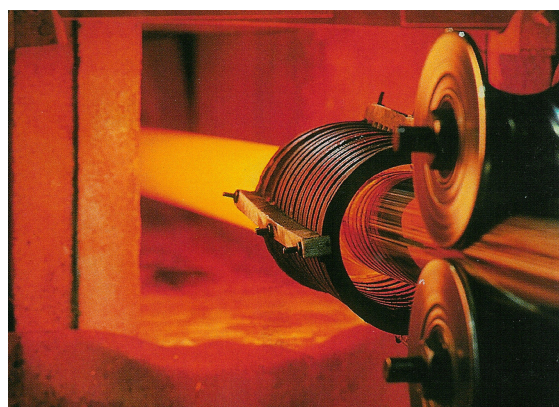


Ilustración 2: Tratamiento térmico realizado a una tubería para restituir su estructura metalográfica mediante recocido.



Ilustración 3: Proceso de corte de tramos de tubería sanitaria.

Las tuberías con tratamiento térmico están contempladas en los estándares ASTM A269 y A249. Si, además, se pulen mecánicamente, las regula el estándar A270, que es normalmente solicitada por las industrias alimentaria y farmacéutica.

Dado que existen muchas cualidades deseables que son comunes a varias normas, éstas hacen referencia a la ASTM A450, que enlista los requerimientos generales de tubería de acero aleado.

Tipos de Acero

Dentro de las normas anteriores se distinguen principalmente los tipos 304 y 316, de los cuales algunas variantes de composiciones aparecen en la Tabla I.

La diferencia básica entre los tipos de acero inoxidable 304 y 316L, es que éste último contiene Molibdeno y menos Carbono que el 304. Ambas características, directa o indirectamente, están encaminadas a mejorar la resistencia a la corrosión. La "L" del 316L indica que el contenido de Carbono es bajo ("Low"), 0.035 máximo; a diferencia del contenido en los tipos 304 y 316, que es 0.080% máximo. Últimamente los fabricantes de tubo han optado por producir tubo con fleje tipo 304L, cuya composición es idéntica a la del 304, excepto en el contenido de Carbono (0.035% máximo). La apariencia de los aceros 304 y 316L es idéntica y es por ello que se cometen tantos errores involuntarios en los suministros. Para evitarlos, existe una herramienta muy útil, el Probador de Molibdeno ("Moly-tester"). Siguiendo unas sencillas instrucciones, aplicando un par de soluciones y una corriente eléctrica, en menos de un minuto se puede determinar, aún en campo, si un acero contiene o no Molibdeno, discriminante de los dos tipos más populares. Con el mismo instrumento y aplicando calor, es posible también distinguir si el acero es o no de bajo Carbono ("L").

Hablando de pruebas sencillas para identificar aceros, recordamos al famoso imán. Al usarlo, no olvidemos que en los aceros de la serie 300, como los mostrados en la Tabla I, no son 100% de estructura austenítica, sino que pueden ser ligeramente magnéticos y esta cualidad se aumenta con el trabajo en frío. El imán ayuda a detectar un acero al carbón o un acero inoxidable de la serie 400 (sin Níquel), pero no es un discriminador definitivo para la serie 300.

Los tipos de acero inoxidable 304 y 316L, tienen estructura metalográfica predominantemente austenítica, con un cierto porcentaje de ferrita. Teóricamente el Diagrama de Schaeffler, mostrado en la Ilustración 4, nos indica la interrelación existente entre la composición química y el contenido de ferrita en soldaduras.

La resistencia a la corrosión del tipo 316L es mejor que la del 304, por ejemplo la causada por cloruros, aún bajo la presencia de esfuerzos ("stress corrosion cracking").

El tipo 304 se usa normalmente en la industria de alimentos y bebidas; el 316L

Tabla I
Composición Química de los Aceros Inoxidables Comunes

Elemento	Requerimientos Máximos en %				
	TP304	TP304L	TP316	TP316L	316L BPE
C-Carbón	0.08	0.035	0.08	0.035	0.035
Mn-Manganeso	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
P-Fósforo	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045
S-Azufre	0.030	0.030	0.030	0.030	0.005-0.017
Si-Silicio	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Ni-Níquel	8.0-11.0	8.0-12.0	10.0-14.0	10.0-14.0	10.0-15.0
Cr-Cromo	18.0-20.0	18.0-20.0	16.0-18.0	16.0-18.0	16.0-18.0
Mo-Molibdeno	***	***	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0
Fe-Fierro y otros	Restante	Restante	Restante	Restante	Restante

Referencia: ASTM A270-03, Table 1. ASME BPE 2007

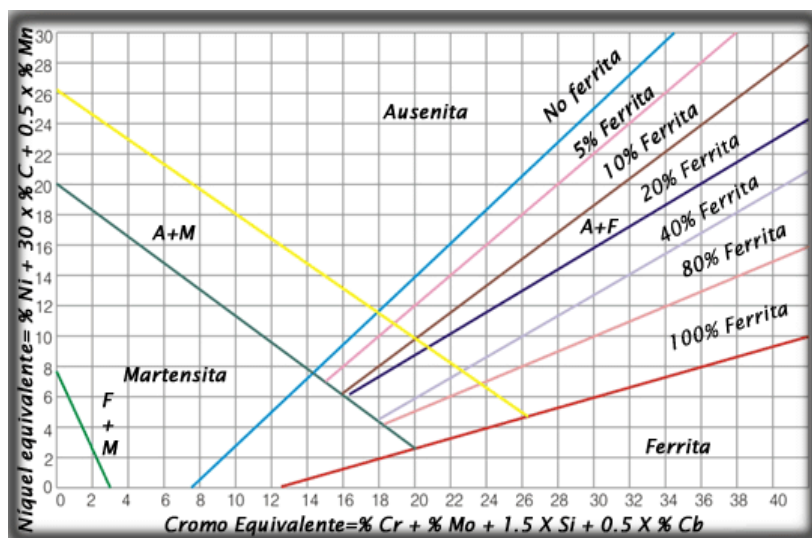


Ilustración 4: Diagrama de Anton L. Schaeffler

es común en las industrias nuclear, química, de plásticos, papelería, farmacéutica y textil.

Cuando en las instalaciones se sueldan las tuberías, se deteriora nuevamente la estructura metalográfica y hay riesgo que la superficie se contamine. Esto significa menor resistencia a la corrosión, situación que puede corregirse en buena medida por medio del proceso de Pasivación (ver el Capítulo de Pasivación, pág. 9-18).

Dimensiones

La tubería aquí referida, más convenientemente llamada como en inglés, "**tubing**", se designa por su diámetro exterior y el espesor de su pared se indica en "calibres", de acuerdo a BWG (Birmingham Wire Gage). En cambio, la tubería de uso industrial no sanitario, "**tubo o pipe**", se designa por su diámetro nominal y su espesor nominal se expresa en un número de cédula. En la Tabla II se muestran los diámetros y calibres más usuales en las industrias alimentaria y farmacéutica y, en la Tabla III, tubería industrial o "de cédula", la cual no se recomienda para manejo de productos alimenticios ni farmacéuticos.

En el tubo industrial, como vemos en la Tabla III, los diámetros nominales no coinciden con los exteriores ni con los interiores, y los espesores de pared de la misma cédula varían según el diámetro. La norma ASTM que cubre la tubería industrial comercial de acero inoxidable es la A312 "Standard Specification for Seamless, Welded, and Heavily Cold Worked Austenitic Stainless Steel Pipes".

El tubo industrial no está dentro del alcance de este MANUAL, pero es bueno conocer sus diferencias con el "tubing".

Hablando de espesores de tubería, toquemos el punto de su medición. Lo más apropiado es un micrómetro con palpador esférico, de manera que éste apoye en la superficie interior del tubo y no se genere un error al apoyar una superficie plana

Tabla II Dimensiones de Tubing Comercial							
Díam. Nominal	Diámetro Externo		Diámetro Interior		Espesor de pared		
	pulg	mm	pulg.	mm	Cal. BWG	pulg	mm
1/2"	0.500"	12.70	0.370"	9.40	16	0.065"	1.65
3/4"	0.750"	19.05	0.620"	15.75	16	0.065"	1.65
1"	1.000"	25.40	0.870"	22.10	16	0.065"	1.65
1 1/2"	1.500"	38.10	1.370"	34.80	16	0.065"	1.65
2"	2.000"	50.80	1.870"	47.50	16	0.065"	1.65
2 1/2"	2.500"	63.50	2.370"	60.20	16	0.065"	1.65
3"	3.000"	76.20	2.870"	72.90	16	0.065"	1.65
4"	4.000"	101.60	3.834"	97.38	14	0.083"	2.11
6"	6.000"	152.40	5.782"	146.86	12	0.109"	2.77
8"	8.000"	203.20	7.782"	197.66	12	0.109"	2.77

Tabla III
Dimensiones de Tubo Comercial de acuerdo a la Norma ANSI B36.10 para tubos de acero al carbón y aleados, y la Norma ANSI B36.19 para tubos de acero inoxidable

Díam. Nominal	Número de Cédula		Diámetro Exterior		Espesor de Pared		Diámetro Interior		
	Aceros al carbón y aleados	Aceros Inox.	Pulg	mm	Pulg	mm	Pulg	mm	
1/2"	***	***	5S	0.840"	21.34	0.065"	1.65	0.710	18.03
	***	***	10S			0.083"	2.11	0.674	17.12
	40	Std	40S			0.109"	2.77	0.622	15.80
	80	XS	80S			0.147"	3.73	0.546	13.87
3/4"	***	***	5S	1.050"	26.67	0.065"	1.65	0.920	23.37
	***	***	10S			0.083"	2.11	0.884	22.45
	40	Std	40S			0.113"	2.87	0.824	20.93
	80	XS	80S			0.154"	3.91	0.742	18.85
1"	***	***	5S	1.315"	33.40	0.065"	1.65	1.185	30.10
	***	***	10S			0.109"	2.77	1.097	27.86
	40	Std	40S			0.133"	3.38	1.049	26.64
	80	XS	80S			0.179"	4.55	0.957	24.31
1 1/4"	***	***	5S	1.660"	42.16	0.065"	1.65	1.530	38.86
	***	***	10S			0.109"	2.77	1.442	36.63
	40	Std	40S			0.140"	3.56	1.380	35.05
	80	XS	80S			0.191"	4.85	1.278	32.46
1 1/2"	***	***	5S	1.900"	48.26	0.065"	1.65	1.770	44.96
	***	***	10S			0.109"	2.77	1.682	42.72
	40	Std	40S			0.145"	3.68	1.610	40.89
	80	XS	80S			0.200"	5.08	1.500	38.10
2"	***	***	5S	2.375"	60.33	0.065"	1.65	2.245	57.02
	***	***	10S			0.109"	2.77	2.157	54.79
	40	Std	40S			0.154"	3.91	2.067	52.50
	80	XS	80S			0.218"	5.54	1.939	49.25
2 1/2"	***	***	5S	2.875"	73.03	0.083"	2.11	2.709	68.81
	***	***	10S			0.120"	3.05	2.635	66.93
	40	Std	40S			0.203"	5.16	2.469	62.71
	80	XS	80S			0.276"	7.01	2.323	59.00
3"	***	***	5S	3.500"	88.90	0.083"	2.11	3.334	84.68
	***	***	10S			0.120"	3.05	3.260	82.80
	40	Std	40S			0.216"	5.49	3.068	77.93
	80	XS	80S			0.300"	7.62	2.900	73.66
4"	***	***	5S	4.500"	114.30	0.083"	2.11	4.334	110.0
	***	***	10S			0.120"	3.05	4.260	108.2
	40	Std	40S			0.237"	6.02	4.026	102.2
	80	XS	80S			0.337"	8.56	3.826	97.18
6"	***	***	5S	6.625"	168.28	0.109"	2.77	6.407	162.7
	***	***	10S			0.134"	3.40	6.357	161.4
	40	Std	40S			0.280"	7.11	6.065	154.0
	80	XS	80S			0.432"	10.97	5.761	146.3
8"	***	***	5S	8.625"	219.08	0.109"	2.77	8.407	213.5
	***	***	10S			0.148"	3.76	8.329	211.5
	20	***	***			0.250"	6.35	8.125	206.3
	30	***	***			0.277"	7.04	8.071	205.0
	40	Std	40S			0.322"	8.18	7.981	202.7
	60	***	***			0.406"	10.31	7.813	198.4
	80	XS	80S			0.500"	12.70	7.625	193.6

contra una cóncava. Por fuera, por supuesto no hay problema, pues el palpador plano apoya sobre el exterior de la superficie cilíndrica.

Pesos y Empaque

Una tabla de pesos es siempre una referencia útil, pero no deja de ser aproximada, debido a que las dimensiones están sujetas a tolerancias y éstas se reflejan en los pesos. La tabla IV indica aproximadamente pesos redondeados del "tubing" sanitario, con empaque de cartón incluido (ver Ilustración 5).

Certificación

Para saber si la tubería adquirida cumple por lo menos con las normas ASTM, es indispensable exigir que cada tramo cuente con un mínimo de marcas que, junto con los Certificados de Calidad ("Material / Metallurgical Test Reports" o "MTR's", ver ilustración 6), nos informen su origen, especificación y pruebas realizadas a ese lote.

La Aprobación 3-A, expedida por el Consejo Administrativo del Símbolo de Normas Sanitarias 3-A, es una certificación de calidad sólo otorgada a fabricantes que son inspeccionados y evaluados exitosamente por dicho Consejo. Esta aprobación debe renovarse anualmente. En la Ilustración 7 se presenta la aprobación para United Industries Inc.

Rastreabilidad

Cuando se identifican claramente en cada tubo, marcas con el nombre del fabricante, el tipo de acero, la norma ASTM, el número de colada, lote de fabricación, y hay un certificado ("MTR") emitido por el fabricante mismo, indicando las especificaciones que cumple y las pruebas que pasó ese lote de fabricación, entonces es posible tener una certeza razonable de estar frente a un material controlado y adecuado para una determinada aplicación. Es necesario ser escrupuloso cuando se revisa la coincidencia entre las marcas de un producto y los certificados, exigiendo siempre marcas y documentos claros, libres de enmendaduras y tachaduras. El certificado debe estar siempre ligado al material amparado por medio de un número de colada o de serie. Es lamentable como en ocasiones se piden, con exigencia intimidante, certificados para materiales sin marcas y, peor aún, la inexplicable satisfacción alcanzada al recibir un papel de ninguna forma ligado al material, ni al proveedor, ni a la operación involucrada. Un certificado sin marcas originales del fabricante en el producto es tan inútil como un pasaporte sin fotografía. En la Ilustración 6 se muestra un MTR y en la Ilustración 8 las marcas típicas en el empaque y en la tubería ASTM A270.

Tabla IV Pesos y dimensiones de "Tubing"					
Diámetro nominal	Espesor nominal	Peso por tramo de tubo de 6.1 m (Kg)	Número de tubos por caja	Peso por caja (Kg)	Dimensiones aproximadas de la caja de embalaje (cm)
1/2"	Cal. 16 (0.065")	3.0	5	19	7
3/4"	Cal. 16 (0.065")	4.5	5	26	8
1"	Cal. 16 (0.065")	6.0	14	89	14x16
1 1/2"	Cal. 16 (0.065")	9.0	17	163	15x26
2"	Cal. 16 (0.065")	12.0	17	214	17x33
2 1/2"	Cal. 16 (0.065")	15.0	11	175	21x28
3"	Cal. 16 (0.065")	18.0	11	208	24x33
4"	Cal. 14 (0.083")	30.0	5	160	24x30
6"	Cal. 12 (0.109")	60.0	1	60	17x18

Notas:

1.- Longitud aproximada de las cajas: 6.30 m.

2.- Las dimensiones de la caja indican el diámetro del empaque tubular o la sección rectangular.



Ilustración 5: Tubería de acero inoxidable empacada en cajas de cartón.

Tolerancias

"La calidad no es negociable"

RathGibson 2505 FOSTER AVENUE JANSVILLE, WISCONSIN 53547-0389 U.S.A. PHONE 608-754-2222, FAX 608-754-0889

ASME BPE-103

CERTIFIED REPORTS OF TESTS
This certificate issued in accordance with EN 10204-3.1
Notified Body TÜV Rheinland Group ISO 9001:2008 Cert No 01 100 005478 (TGA) / 74 300 2835 (ANAB)
PED 01 202 USA-0-02-0001, AD-000 01 202 USA-0-06-0473
ASME BPE Certificate of Authorization No. BPE-103 Expiring on 05/21/2018

Page 1 of 1

CUSTOMER ORDER # C27784216
PURCHASE ORDER # 1637
CERTIFICATION DATE 6/16/2014 10:45:58AM
SHIP VIA FLATBED PPD

SOLD TO PIERRE HARRY, S.A. DE CV
SAN NICOLAS NO 2
SAN NICOLAS TLAXCOLPAN
TLAXTEPEC, ESTADO DE MEXICO, TX 54030
MEXICO

SHIP TO GALVAN GROUP INC
11905 CONLEY ROAD
956-723-6552
LAREDO, TX 78045

DESCRIPTION 4.000" X 0.083" AVG TP316/316L ASME/ASTM SA249/S19/S7/A269/A270/S2 BPE SF1 ID/OD 20/30u-InRn

ITEM NUMBER JT4000078531903702220
QUANTITY 300 FT
NUMBER OF PIECES 15
MELT ORIGIN USA
MELT PRACTICE EAM / AOD

MADE IN USA

PRODUCT TYPE WELDED TUBE, BEAD REDUCED, BRIGHT SOLUTION ANNEALED ID/OD POLISHED & TOC
HEAT TREATMENT 1900F (1040C) MIN. QUENCHED IN INERT GAS ATM
SURFACE FINISH ID/OD 20u-InRn MAX. OD/MP 30u-InRn MAX
REVISION DATE ASME SA249-E13, BPE-12, ASTM A269-15, A270-10

CHEMICAL ANALYSIS (WT%)
Heat # KSH6
C Mn P S Si Cr Ni Mo Cu N
Heat Analysis 0.015 1.41 0.029 0.0086 0.49 16.6 10.1 2.04 0.45 0.04
Product Analysis 0.011 1.38 0.027 0.0002 0.44 16.6 9.95 2.03 0.43 0.04

MECHANICAL TEST(S)
YIELD STRENGTH (0.2% OFFSET) 53000 PSI (365 MPA)
TENSILE STRENGTH 91000 PSI (627 MPA)
ELONGATION (% IN 2") 50
HARDNESS HRB 81
VISUAL TEST - PASS
FLANGE TEST - PASS
REVERSE BEND - PASS
REVERSE FLATTENING - PASS
EDDY CURRENT - PASS
FLATTENING TEST - PASS

ADDITIONAL TEST(S)
ASTM A249/S7 Passed Results: 1.08CR/ ASTM A262E Passed

POSITIVE MATERIAL ID OK (ASTM E1478)

ATTEST: RathGibson Jansville LLC does not use mercury, lead, cadmium or any special metal alloy which is liquid at ambient temperature in its product or facility. There are no known detrimental materials in the line melting mix. Weld repair was not used to manufacture this product. RathGibson's stainless steel tubing manufacturing process does not use any of the products regulated in the U.S. Clean Air Act of 1990, and is compliant with the European Community RoHS Directive 2002/95/EC. You hereby warrant that the material described herein was manufactured, sampled, tested, and inspected in accordance with all applicable above noted specifications and the results meet the requirements of those specifications. Technical inquiries regarding this form should be directed to the Technical Services Group. All other assistance concerning this certification should be directed to the pressure vessel sales. For purposes of determining conformance with the specifications, dimensional requirements shall be measured in accordance with the rounding-off method of ASTM practice E 29 as noted in section 6.4.4. When the product description above includes BPE SF1 or BPE SF4 the products have been manufactured and tested to comply with the requirements of the ASME BPE Specification and under the authorization granted through ASME BPE Certificate of Authorization No. BPE-103 Expiring on 05/21/2018.

Michael Aston, Quality Assurance Manager, CGE, MR
Kale Williamson, MILL CERTIFICATION

Michael Aston, Quality Assurance Manager, CGE, MR
Kale Williamson, MILL CERTIFICATION

Ilustración 6: MTR - "Material / Metallurgical test reports".

INITIALLY ISSUED: 6/20/1978 AUTHORIZATION NUMBER: 308

3A

THIS IS TO CERTIFY THAT
RathGibson - Jansville WI Facility
2505 Foster Ave., Jansville, WI 53548

is hereby authorized to continue to apply the
3-A Symbol to the models of equipment, conforming to the
Metal Tubing, Number: 33-02
set forth below

OD (in.) 0.500, Wall Thickness (in.) 0.028, 0.035, 0.048, 0.065, 0.083, 0.095, 0.109, 0.120, 0.135, 0.150, 0.165, 0.180, 0.195, 0.210, 0.225, 0.240, 0.255, 0.270, 0.285, 0.300, 0.315, 0.330, 0.345, 0.360, 0.375, 0.390, 0.405, 0.420, 0.435, 0.450, 0.465, 0.480, 0.495, 0.510, 0.525, 0.540, 0.555, 0.570, 0.585, 0.600, 0.615, 0.630, 0.645, 0.660, 0.675, 0.690, 0.705, 0.720, 0.735, 0.750, 0.765, 0.780, 0.795, 0.810, 0.825, 0.840, 0.855, 0.870, 0.885, 0.900, 0.915, 0.930, 0.945, 0.960, 0.975, 0.990, 1.005, 1.020, 1.035, 1.050, 1.065, 1.080, 1.095, 1.110, 1.125, 1.140, 1.155, 1.170, 1.185, 1.200, 1.215, 1.230, 1.245, 1.260, 1.275, 1.290, 1.305, 1.320, 1.335, 1.350, 1.365, 1.380, 1.395, 1.410, 1.425, 1.440, 1.455, 1.470, 1.485, 1.500, 1.515, 1.530, 1.545, 1.560, 1.575, 1.590, 1.605, 1.620, 1.635, 1.650, 1.665, 1.680, 1.695, 1.710, 1.725, 1.740, 1.755, 1.770, 1.785, 1.800, 1.815, 1.830, 1.845, 1.860, 1.875, 1.890, 1.905, 1.920, 1.935, 1.950, 1.965, 1.980, 1.995, 2.010, 2.025, 2.040, 2.055, 2.070, 2.085, 2.100, 2.115, 2.130, 2.145, 2.160, 2.175, 2.190, 2.205, 2.220, 2.235, 2.250, 2.265, 2.280, 2.295, 2.310, 2.325, 2.340, 2.355, 2.370, 2.385, 2.400, 2.415, 2.430, 2.445, 2.460, 2.475, 2.490, 2.505, 2.520, 2.535, 2.550, 2.565, 2.580, 2.595, 2.610, 2.625, 2.640, 2.655, 2.670, 2.685, 2.700, 2.715, 2.730, 2.745, 2.760, 2.775, 2.790, 2.805, 2.820, 2.835, 2.850, 2.865, 2.880, 2.895, 2.910, 2.925, 2.940, 2.955, 2.970, 2.985, 3.000, 3.015, 3.030, 3.045, 3.060, 3.075, 3.090, 3.105, 3.120, 3.135, 3.150, 3.165, 3.180, 3.195, 3.210, 3.225, 3.240, 3.255, 3.270, 3.285, 3.300, 3.315, 3.330, 3.345, 3.360, 3.375, 3.390, 3.405, 3.420, 3.435, 3.450, 3.465, 3.480, 3.495, 3.510, 3.525, 3.540, 3.555, 3.570, 3.585, 3.600, 3.615, 3.630, 3.645, 3.660, 3.675, 3.690, 3.705, 3.720, 3.735, 3.750, 3.765, 3.780, 3.795, 3.810, 3.825, 3.840, 3.855, 3.870, 3.885, 3.900, 3.915, 3.930, 3.945, 3.960, 3.975, 3.990, 4.005, 4.020, 4.035, 4.050, 4.065, 4.080, 4.095, 4.110, 4.125, 4.140, 4.155, 4.170, 4.185, 4.200, 4.215, 4.230, 4.245, 4.260, 4.275, 4.290, 4.305, 4.320, 4.335, 4.350, 4.365, 4.380, 4.395, 4.410, 4.425, 4.440, 4.455, 4.470, 4.485, 4.500, 4.515, 4.530, 4.545, 4.560, 4.575, 4.590, 4.605, 4.620, 4.635, 4.650, 4.665, 4.680, 4.695, 4.710, 4.725, 4.740, 4.755, 4.770, 4.785, 4.800, 4.815, 4.830, 4.845, 4.860, 4.875, 4.890, 4.905, 4.920, 4.935, 4.950, 4.965, 4.980, 4.995, 5.010, 5.025, 5.040, 5.055, 5.070, 5.085, 5.100, 5.115, 5.130, 5.145, 5.160, 5.175, 5.190, 5.205, 5.220, 5.235, 5.250, 5.265, 5.280, 5.295, 5.310, 5.325, 5.340, 5.355, 5.370, 5.385, 5.400, 5.415, 5.430, 5.445, 5.460, 5.475, 5.490, 5.505, 5.520, 5.535, 5.550, 5.565, 5.580, 5.595, 5.610, 5.625, 5.640, 5.655, 5.670, 5.685, 5.700, 5.715, 5.730, 5.745, 5.760, 5.775, 5.790, 5.805, 5.820, 5.835, 5.850, 5.865, 5.880, 5.895, 5.910, 5.925, 5.940, 5.955, 5.970, 5.985, 6.000, 6.015, 6.030, 6.045, 6.060, 6.075, 6.090, 6.105, 6.120, 6.135, 6.150, 6.165, 6.180, 6.195, 6.210, 6.225, 6.240, 6.255, 6.270, 6.285, 6.300, 6.315, 6.330, 6.345, 6.360, 6.375, 6.390, 6.405, 6.420, 6.435, 6.450, 6.465, 6.480, 6.495, 6.510, 6.525, 6.540, 6.555, 6.570, 6.585, 6.600, 6.615, 6.630, 6.645, 6.660, 6.675, 6.690, 6.705, 6.720, 6.735, 6.750, 6.765, 6.780, 6.795, 6.810, 6.825, 6.840, 6.855, 6.870, 6.885, 6.900, 6.915, 6.930, 6.945, 6.960, 6.975, 6.990, 7.005, 7.020, 7.035, 7.050, 7.065, 7.080, 7.095, 7.110, 7.125, 7.140, 7.155, 7.170, 7.185, 7.200, 7.215, 7.230, 7.245, 7.260, 7.275, 7.290, 7.305, 7.320, 7.335, 7.350, 7.365, 7.380, 7.395, 7.410, 7.425, 7.440, 7.455, 7.470, 7.485, 7.500, 7.515, 7.530, 7.545, 7.560, 7.575, 7.590, 7.605, 7.620, 7.635, 7.650, 7.665, 7.680, 7.695, 7.710, 7.725, 7.740, 7.755, 7.770, 7.785, 7.800, 7.815, 7.830, 7.845, 7.860, 7.875, 7.890, 7.905, 7.920, 7.935, 7.950, 7.965, 7.980, 7.995, 8.010, 8.025, 8.040, 8.055, 8.070, 8.085, 8.100, 8.115, 8.130, 8.145, 8.160, 8.175, 8.190, 8.205, 8.220, 8.235, 8.250, 8.265, 8.280, 8.295, 8.310, 8.325, 8.340, 8.355, 8.370, 8.385, 8.400, 8.415, 8.430, 8.445, 8.460, 8.475, 8.490, 8.505, 8.520, 8.535, 8.550, 8.565, 8.580, 8.595, 8.610, 8.625, 8.640, 8.655, 8.670, 8.685, 8.700, 8.715, 8.730, 8.745, 8.760, 8.775, 8.790, 8.805, 8.820, 8.835, 8.850, 8.865, 8.880, 8.895, 8.910, 8.925, 8.940, 8.955, 8.970, 8.985, 9.000, 9.015, 9.030, 9.045, 9.060, 9.075, 9.090, 9.105, 9.120, 9.135, 9.150, 9.165, 9.180, 9.195, 9.210, 9.225, 9.240, 9.255, 9.270, 9.285, 9.300, 9.315, 9.330, 9.345, 9.360, 9.375, 9.390, 9.405, 9.420, 9.435, 9.450, 9.465, 9.480, 9.495, 9.510, 9.525, 9.540, 9.555, 9.570, 9.585, 9.600, 9.615, 9.630, 9.645, 9.660, 9.675, 9.690, 9.705, 9.720, 9.735, 9.750, 9.765, 9.780, 9.795, 9.810, 9.825, 9.840, 9.855, 9.870, 9.885, 9.900, 9.915, 9.930, 9.945, 9.960, 9.975, 9.990, 10.005, 10.020, 10.035, 10.050, 10.065, 10.080, 10.095, 10.110, 10.125, 10.140, 10.155, 10.170, 10.185, 10.200, 10.215, 10.230, 10.245, 10.260, 10.275, 10.290, 10.305, 10.320, 10.335, 10.350, 10.365, 10.380, 10.395, 10.410, 10.425, 10.440, 10.455, 10.470, 10.485, 10.500, 10.515, 10.530, 10.545, 10.560, 10.575, 10.590, 10.605, 10.620, 10.635, 10.650, 10.665, 10.680, 10.695, 10.710, 10.725, 10.740, 10.755, 10.770, 10.785, 10.800, 10.815, 10.830, 10.845, 10.860, 10.875, 10.890, 10.905, 10.920, 10.935, 10.950, 10.965, 10.980, 10.995, 11.010, 11.025, 11.040, 11.055, 11.070, 11.085, 11.100, 11.115, 11.130, 11.145, 11.160, 11.175, 11.190, 11.205, 11.220, 11.235, 11.250, 11.265, 11.280, 11.295, 11.310, 11.325, 11.340, 11.355, 11.370, 11.385, 11.400, 11.415, 11.430, 11.445, 11.460, 11.475, 11.490, 11.505, 11.520, 11.535, 11.550, 11.565, 11.580, 11.595, 11.610, 11.625, 11.640, 11.655, 11.670, 11.685, 11.700, 11.715, 11.730, 11.745, 11.760, 11.775, 11.790, 11.805, 11.820, 11.835, 11.850, 11.865, 11.880, 11.895, 11.910, 11.925, 11.940, 11.955, 11.970, 11.985, 12.000, 12.015, 12.030, 12.045, 12.060, 12.075, 12.090, 12.105, 12.120, 12.135, 12.150, 12.165, 12.180, 12.195, 12.210, 12.225, 12.240, 12.255, 12.270, 12.285, 12.300, 12.315, 12.330, 12.345, 12.360, 12.375, 12.390, 12.405, 12.420, 12.435, 12.450, 12.465, 12.480, 12.495, 12.510, 12.525, 12.540, 12.555, 12.570, 12.585, 12.600, 12.615, 12.630, 12.645, 12.660, 12.675, 12.690, 12.705, 12.720, 12.735, 12.750, 12.765, 12.780, 12.795, 12.810, 12.825, 12.840, 12.855, 12.870, 12.885, 12.900, 12.915, 12.930, 12.945, 12.960, 12.975, 12.990, 13.005, 13.020, 13.035, 13.050, 13.065, 13.080, 13.095, 13.110, 13.125, 13.140, 13.155, 13.170, 13.185, 13.200, 13.215, 13.230, 13.245, 13.260, 13.275, 13.290, 13.305, 13.320, 13.335, 13.350, 13.365, 13.380, 13.395, 13.410, 13.425, 13.440, 13.455, 13.470, 13.485, 13.500, 13.515, 13.530, 13.545, 13.560, 13.575, 13.590, 13.605, 13.620, 13.635, 13.650, 13.665, 13.680, 13.695, 13.710, 13.725, 13.740, 13.755, 13.770, 13.785, 13.800, 13.815, 13.830, 13.845, 13.860, 13.875, 13.890, 13.905, 13.920, 13.935, 13.950, 13.965, 13.980, 13.995, 14.010, 14.025, 14.040, 14.055, 14.070, 14.085, 14.100, 14.115, 14.130, 14.145, 14.160, 14.175, 14.190, 14.205, 14.220, 14.235, 14.250, 14.265, 14.280, 14.295, 14.310, 14.325, 14.340, 14.355, 14.370, 14.385, 14.400, 14.415, 14.430, 14.445, 14.460, 14.475, 14.490, 14.505, 14.520, 14.535, 14.550, 14.565, 14.580, 14.595, 14.610, 14.625, 14.640, 14.655, 14.670, 14.685, 14.700, 14.715, 14.730, 14.745, 14.760, 14.775, 14.790, 14.805, 14.820, 14.835, 14.850, 14.865, 14.880, 14.895, 14.910, 14.925, 14.940, 14.955, 14.970, 14.985, 15.000, 15.015, 15.030, 15.045, 15.060, 15.075, 15.090, 15.105, 15.120, 15.135, 15.150, 15.165, 15.180, 15.195, 15.210, 15.225, 15.240, 15.255, 15.270, 15.285, 15.300, 15.315, 15.330, 15.345, 15.360, 15.375, 15.390, 15.405, 15.420, 15.435, 15.450, 15.465, 15.480, 15.495, 15.510, 15.525, 15.540, 15.555, 15.570, 15.585, 15.600, 15.615, 15.630, 15.645, 15.660, 15.675, 15.690, 15.705, 15.720, 15.735, 15.750, 15.765, 15.780, 15.795, 15.810, 15.825, 15.840, 15.855, 15.870, 15.885, 15.900, 15.915, 15.930, 15.945, 15.960, 15.975, 15.990, 16.005, 16.020, 16.035, 16.050, 16.065, 16.080, 16.095, 16.110, 16.125, 16.140, 16.155, 16.170, 16.185, 16.200, 16.215, 16.230, 16.245, 16.260, 16.275, 16.290, 16.305, 16.320, 16.335, 16.350, 16.365, 16.380, 16.395, 16.410, 16.425, 16.440, 16.455, 16.470, 16.485, 16.500, 16.515, 16.530, 16.545, 16.560, 16.575, 16.590, 16.605, 16.620, 16.635, 16.650, 16.665, 16.680, 16.695, 16.710, 16.725, 16.740, 16.755, 16.770, 16.785, 16.800, 16.815, 16.830, 16.845, 16.860, 16.875, 16.890, 16.905, 16.920, 16.935, 16.950, 16.965, 16.980, 16.995, 17.010, 17.025, 17.040, 17.055, 17.070, 17.085, 17.100, 17.115, 17.130, 17.145, 17.160, 17.175, 17.190, 17.205, 17.220, 17.235, 17.250, 17.265, 17.280, 17.295, 17.310, 17.325, 17.340, 17.355, 17.370, 17.385, 17.400, 17.415, 17.430, 17.445, 17.460, 17.475, 17.490, 17.505, 17.520, 17.535, 17.550, 17.565, 17.580, 17.595, 17.610, 17.625, 17.640, 17.655, 17.670, 17.685, 17.700, 17.715, 17.730, 17.745, 17.760, 17.775, 17.790, 17.805, 17.820, 17.835, 17.850, 17.865, 17.880, 17.895, 17.910, 17.925, 17.940, 17.955, 17.970, 17.985, 18.000, 18.015, 18.030, 18.045, 18.060, 18.075, 18.090, 18.105, 18.120, 18.135, 18.150, 18.165, 18.180, 18.195, 18.210, 18.225, 18.240, 18.255, 18.270, 18.285, 18.300, 18.315, 18.330, 18.345, 18.360, 18.375, 18.390, 18.405, 18.420, 18.435, 18.450, 18.465, 18.480, 18.495, 18.510, 18.525, 18.540, 18.555, 18.570, 18.585, 18.600, 18.615, 18.630, 18.645, 18.660, 18.675, 18.690, 18.705, 18.720, 18.735, 18.750, 18.765, 18.780, 18.795, 18.810, 18.825, 18.840, 18.855, 18.870, 18.885, 18.900, 18.915, 18.930, 18.945, 18.960, 18.975, 18.990, 19.005, 19.020, 19.035, 19.050, 19.065, 19.080, 19.095, 19.110, 19.125, 19.140, 19.155, 19.170, 19.185, 19.200, 19.215, 19.230, 19.245, 19.260, 19.275, 19.290, 19.305, 19.320, 19.335, 19.350, 19.365, 19.380, 19.395, 19.410, 19.425, 19.440, 19.455, 19.470, 19.485, 19.500, 19.515, 19.530, 19.545, 19.560, 19.575, 19.590, 19.605, 19.620, 19.635, 19.650, 19.665, 19.680, 19.695, 19.710, 19.725, 19.740, 19.755, 19.770, 19.785, 19.800, 19.815, 19.830, 19.845, 19.860, 19.875, 19.890, 19.905, 19.920, 19.935, 19.950, 19.965, 19.980, 19.995, 20.010, 20.025, 20.040, 20.055, 20.070, 20.085, 20.100, 20.115, 20.130, 20.145, 20.160, 20.175, 20.190, 20.205, 20.220, 20.235, 20.250, 20.265, 20.280, 20.295, 20.310, 20.325, 20.340, 20.355, 20.370, 20.385, 20.400, 20.415, 20.430, 20.445, 20.460, 20.475, 20.490, 20.505, 20.520, 20.535, 20.550, 20.565, 20.580, 20.595, 20.610, 20.625, 20.640, 20.655, 20.670, 20.685, 20.700, 20.715, 20.730, 20.745, 20.760, 20.775, 20.790, 20.805, 20.820, 20.835, 20.850, 20.865, 20.880, 20.895, 20.910, 20.925, 20.940, 20.955, 20.970, 20.985, 21.000, 21.015, 21.030, 21.045, 21.060, 21.075, 21.090,

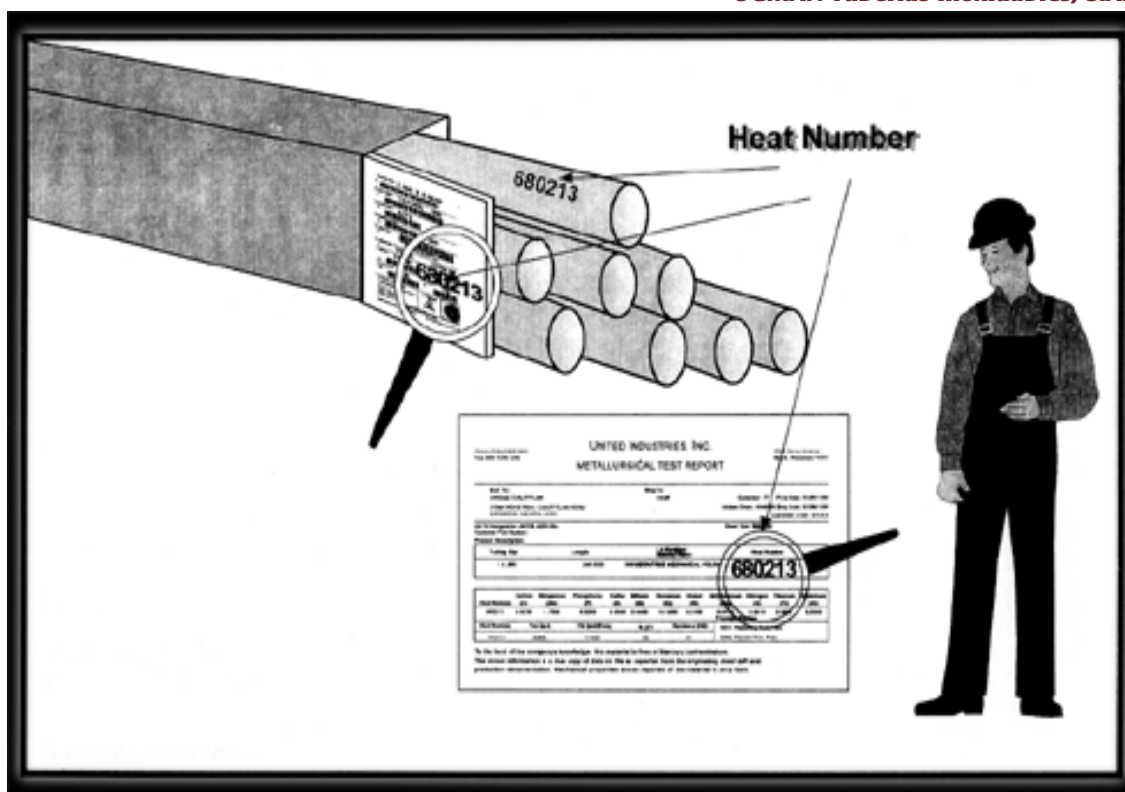


Ilustración 8: Esquema del concepto de Rastreabilidad para tubería ASTM A270.

Las normas ASTM establecen tolerancias para los parámetros que hemos estado manejando: diámetro, pared y composición química. Debemos entenderlas como "mínimos a cumplir", a veces insuficientes. ASTM A270, por ejemplo, fija para un tubing de 2" una tolerancias de $\pm 0.008"$ para el diámetro exterior y $\pm 12.5\%$ para el espesor. De aquí se puede desprender la siguiente situación hipotética, pero posible: pretender efectuar una buena soldadura entre un tubo "grande" y "delgado" con otro "chico" y "grueso", ambos dentro de tolerancia. El primero tiene 2.008" de diámetro exterior (DE) y su pared es de 0.057"; el DE del segundo es 1.992" y su pared es de 0.073". Si emparejamos las superficies exteriores en un punto, a 180 grados, habrá un escalón de 0.032" en el interior. Tal diferencia representa un reto para la soldadura, ya sea manual u orbital. La fusión será probablemente defectuosa y se dará lugar a contaminación y corrosión. Por ello, usuarios experimentados con aplicaciones críticas establecen requerimientos más estrictos.

Las variaciones también ocurren en la composición química y puede existir la necesidad de soldar tubos de diferente lote. Un factor importante a considerar es el contenido de azufre, que anteriormente la norma A270 marcaba sólo como 0.030% máximo. Una diferencia substancial en los contenidos de azufre, aún dentro de la norma, puede imposibilitar la soldadura al desviarse el arco. Para la soldadura orbital en líneas de alta pureza, la norma A270 propone un Requerimiento Suplementario (S2), que fija un rango de 0.005% a 0.017% para el contenido de Azufre, restricción que ha demostrado acabar con este problema.

¿Cómo minimizar las variaciones? Cuando las aplicaciones son críticas es conveniente exigir que toda la tubería que se emplee en cada línea sea de la misma colada. Esto garantiza más uniformidad en diámetros, espesores y composición química.

Para la soldadura entre tubo y conexiones es casi imposible contar con material de la misma colada. En estos casos es indispensable un análisis total de dimensiones y composiciones químicas, buscar la compatibilidad entre las dos partes a unir y hacer probetas para cada

diámetro y combinación de coladas.

Ejemplo de pedido

En este ejemplo se presentan las especificaciones que típicamente se deben incluir un pedido de "tubing" sanitario.

Número de piezas:	30
Nombre:	Tubing de acero inoxidable
Material:	ASTM A270 TP304
Diámetro exterior:	2"
Calibre:	16 (0.065" de espesor de pared)
Longitud por pieza:	6.10 m (20 pies)
Acabado	Sanitario, según las normas 3-A, ó 32 Ra interior y exterior.
Extremos:	Preparados para soldadura orbital (opcional).
Rastreabilidad:	Cada tubo y caja deben estar identificados con nombre del fabricante, especificación ASTM, tipo de acero y número de colada. Idealmente, la marca en cada tubo debe ser indeleble y repetirse a lo largo del mismo.
Certificación:	Enviar con el embarque o vía electrónica el Certificado del Fabricante ("MTR") con resultados de pruebas físicas y análisis químico.
Pasivación:	Opcional.
Electropulido interior:	Opcional. Ver capítulo correspondiente.
Requerimientos suplementarios (opcionales conforme a ASTM A270):	S1 - Prueba de corrosión intergranular. S2 - Tubing calidad farmacéutica (Pruebas mecánicas, restricción de 0.005 a 0.017% de Azufre, empaque y tolerancias). S3 - Limpieza química (pasivación)

Presiones de Operación

Las presiones máximas de operación de la Tabla V-b fueron calculadas usando los procedimientos del ASME B31.3 "Process Piping" y las propiedades de los materiales (ver Tabla V-a).

La recomendación principal para determinar cual será la presión máxima de operación en el caso de tubería sanitaria, está determinada por el ASME BPE, indicada al final de la Tabla V-b.

Tipos de Tubería

Dentro del concepto "Sanitario", se incluyen por definición las superficies que cumplen con las normas 3-A, cuyo párrafo relacionado está transcrito en la sección de "Pulido mecánico". Sin embargo, usuarios con diferentes necesidades requieren opciones con una gama variada de procesos y acabados. A continuación presentamos una lista de las diversas especificaciones disponibles en el mercado.

Tubería Farmacéutica. Para el manejo de agua en laboratorios farmacéuticos, la norma ASTM A270 en el tipo TP316L contempla en el suplemento S2 varios requerimientos

Tabla V-a

		Esfuerzos mínimos para los aceros inoxidables en ksi			
		304	304L	316	316L
Esfuerzo a la Tensión		75.0	70.0	75.0	70.0
Esfuerzo a la Cedencia		30.0	25.0	30.0	25.0
°F	°C	Esfuerzos Máximos Permisibles (S - ksi)			
		304	304L	316	316L
100	37.8	16.0	16.7	18.8	16.7
200	93.3	15.1	16.5	17.7	16.7
300	148.9	14.1	15.3	15.6	16.0
400	204.4	13.8	14.7	14.3	15.6
500	260.0	13.5	14.4	13.5	14.8
600	315.6	13.5	14.0	12.8	14.0

TABLA V-b
Tolerancias Nominales y Presiones Máximas Permisibles para Tubing

Diámetro Nominal		1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	6"
Diámetro Externo	D	0.500" (12.70 mm)	0.750" (19.05 mm)	1.000" (25.40 mm)	1.500" (38.10 mm)	2.000" (50.80 mm)	2.500" (63.50 mm)	3.000" (76.20 mm)	4.000" (101.60 mm)	6.000" (152.40 mm)
	Tolerancia	±0.005" (±0.13 mm)	±0.005" (±0.13 mm)	±0.005" (±0.13 mm)	±0.008" (±0.20 mm)	±0.008" (±0.20 mm)	±0.010" (±0.25 mm)	±0.010" (±0.25 mm)	±0.015" (±0.38 mm)	±0.030" (±0.76 mm)
Espesor	Cal. BWG	16	16	16	16	16	16	16	14	12
	T	0.065" (1.65 mm)	0.065" (1.65 mm)	0.065" (1.65 mm)	0.065" (1.65 mm)	0.065" (1.65 mm)	0.065" (1.65 mm)	0.065" (1.65 mm)	0.083" (2.11 mm)	0.109" (2.77 mm)
	Tolerancia Máxima	+0.005" (+0.13 mm)	+0.005" (+0.13 mm)	+0.005" (+0.13 mm)	+0.005" (+0.13 mm)	+0.005" (+0.13 mm)	+0.005" (+0.13 mm)	+0.005" (+0.13 mm)	+0.008" (+0.20 mm)	+0.015" (+0.38 mm)
	Tolerancia Mínima	-0.008" (-0.20 mm)	-0.008" (-0.20 mm)	-0.008" (-0.20 mm)	-0.008" (-0.20 mm)	-0.008" (-0.20 mm)	-0.008" (-0.20 mm)	-0.008" (-0.20 mm)	-0.010" (-0.25 mm)	-0.015" (-0.38 mm)
Presión Máxima Interna de Diseño de acuerdo al ASME B31.3 "Process Piping"										
Ac. Inox. 304 en psig	100°F (38°C)	2,013.61 (141.6 kg/cm²)	1,314.83 (92.5 kg/cm²)	976.09 (68.6 kg/cm²)	644.18 (45.3 kg/cm²)	480.71 (33.8 kg/cm²)	383.42 (27.0 kg/cm²)	318.88 (22.4 kg/cm²)	342.83 (24.1 kg/cm²)	318.88 (22.4 kg/cm²)
	300°F (149°C)	1,900.34 (133.6 kg/cm²)	1,240.87 (87.3 kg/cm²)	921.19 (64.8 kg/cm²)	607.94 (42.8 kg/cm²)	453.67 (31.9 kg/cm²)	361.85 (25.4 kg/cm²)	300.94 (21.2 kg/cm²)	323.55 (22.8 kg/cm²)	300.94 (21.2 kg/cm²)
	500°F (260°C)	1,698.98 (119.5 kg/cm²)	1,109.38 (78.0 kg/cm²)	823.58 (57.9 kg/cm²)	543.53 (38.2 kg/cm²)	405.60 (28.5 kg/cm²)	323.51 (22.8 kg/cm²)	269.05 (18.9 kg/cm²)	289.27 (20.3 kg/cm²)	269.05 (18.9 kg/cm²)
Ac. Inox. 316L en psig	100°F (38°C)	2,101.70 (147.8 kg/cm²)	1,372.35 (96.5 kg/cm²)	1,018.80 (71.6 kg/cm²)	672.36 (47.3 kg/cm²)	501.75 (35.3 kg/cm²)	400.19 (28.1 kg/cm²)	332.83 (23.4 kg/cm²)	357.83 (25.2 kg/cm²)	332.83 (23.4 kg/cm²)
	300°F (149°C)	2,101.70 (147.8 kg/cm²)	1,372.35 (96.5 kg/cm²)	1,018.80 (71.6 kg/cm²)	672.36 (47.3 kg/cm²)	501.75 (35.3 kg/cm²)	400.19 (28.1 kg/cm²)	332.83 (23.4 kg/cm²)	357.83 (25.2 kg/cm²)	332.83 (23.4 kg/cm²)
	500°F (260°C)	1,862.59 (131.0 kg/cm²)	1,216.21 (85.5 kg/cm²)	902.89 (63.5 kg/cm²)	595.87 (41.9 kg/cm²)	444.66 (31.3 kg/cm²)	354.66 (24.9 kg/cm²)	294.96 (20.7 kg/cm²)	317.12 (22.3 kg/cm²)	294.96 (20.7 kg/cm²)
Presiones Máximas de trabajo de acuerdo al ASME BPE-2005 Tabla DT-2										
Unión soldable en psig	100°F (38°C)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)
	200°F (93°C)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)
Unión clamp en psig	100°F (38°C)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	200.00 (14.1 kg/cm²)	150.00 (10.5 kg/cm²)
	200°F (93°C)	165.00 (11.6 kg/cm²)	165.00 (11.6 kg/cm²)	165.00 (11.6 kg/cm²)	165.00 (11.6 kg/cm²)	165.00 (11.6 kg/cm²)	165.00 (11.6 kg/cm²)	150.00 (10.5 kg/cm²)	125.00 (8.8 kg/cm²)	75.00 (5.3 kg/cm²)

Los valores mostrados en la presente tabla son sugeridos como presiones máximas de operación, siendo su aplicación responsabilidad exclusiva del usuario. Para consideraciones de diseño en instalaciones o equipos de bioproceso se deberá tomar en cuenta los valores establecidos en el ASME BPE vigente en uniones soldadas y clamp.

Los valores indicados en esta tabla fueron calculados de acuerdo a los parámetros y ecuaciones del estándar ASME B31.3 "Process Piping", Chapter II Design, Part I, Sección 304, Párrafos 304.1.1 y 304.1.2.

suplementarios para "Tubo de calidad Farmacéutica", que incluyen control del Azufre (0.005% a 0.017%); ciertos valores de dureza y tensión, pruebas de formado, especificaciones de empaque e indicaciones de especificar el acabado en el pedido. Esto se puede complementar con las siguientes notas adicionales:

Acabado interior Ra máximo de 20 micro-pulg. logrado por medios mecánicos ó Ra máximo de 10-15 micro-pulg. obtenido por Electropulido / Pasivación / Enjuague con agua deionizada. Limpieza y secado con materiales (trapos) estériles desechables / Inspección boroscópica / Limpieza y empaque en cuarto limpio / Empaque hermético.

A270 TP304. Acabado superficial interior y exterior de 32 micro-pulg. máximo Ra. Cumple con la norma 3-A y se usa ampliamente en las industrias de alimentos y bebidas.

A269 TP304 B/A. Si la tubería se trata térmicamente con recocido normal (en atmósfera oxidante) y se eliminan escoria y coloraciones mediante desbaste mecánico, obtenemos la designación B/A. El acabado se especifica con un número de grit y, aunque prácticamente es sanitario, no se certifica como "tubería 3-A" (no confundir con el "BA" de las normas DIN).

A269 TP304 H-B/A. Las siglas H-B/A son la abreviatura para "Hydrogen Bright Annealed" y se refiere a tubería con tratamiento térmico de recocido brillante que, gracias a haberse realizado en una atmósfera de Hidrógeno, en su superficie no se forman escoria ni coloraciones. Este tratamiento hace innecesario el proceso de "Decapado", concebido para eliminar dichas afectaciones de la superficie. El acabado resultante está cerca del tipo sanitario, pero en general no puede considerarse como tal.

Tuberías tipo "Europeo". Olvidando la apariencia exterior, básicamente establecida con fines estéticos, el interior de estas tuberías es aceptado por muchos como "sanitario" si conserva el acabado original 2B del fleje y si la soldadura, a ras, se confunde suavemente con el metal base. Por otro lado, algunos usuarios aceptan estas tuberías sólo para ciertas aplicaciones no críticas, como las líneas de retorno de "CIPs".

Dentro de este rubro, hay dos opciones en el mercado: DIN y W/A.

La norma alemana **DIN 11850** define diámetros y espesores en la Tabla VII. Las opciones más populares para acabado interior y tratamiento térmico se muestran en la tabla VI.

Las composiciones químicas más comunes están dadas por las normas 1.4301, similar a la del AISI-304 y la 1.4404, similar a la del AISI 316L. Existen, tanto en DIN como en AISI, gran variedad de composiciones químicas dentro de los aceros inoxidables austeníticos, pero no están dentro del alcance de este MANUAL

TABLA VI Algunos ejemplos de símbolos de la norma DIN 11850		
Símbolo	Tratamiento Térmico	Acabado
BA	Recocido	Interior y exterior: Decapados o recocido brillante.
CA	No	Interior y exterior: Decapado.
BB	Recocido	Interior: Decapado o recocido brillante. Exterior: Pulido 320 grit.
CB	No	Interior: Decapado. Exterior: Pulido 320 grit.
BD	Recocido	Interior: 0.8 µm en el metal base y 1.6 µm en la soldadura. Exterior: Pulido 320 grit.

Tabla VII Comparativo de Normas y Dimensiones de Tubería										
Diámetro Externo		Espesor de pared		Tubing OD	DIN	DIN 11850			SMS DIN	ISO
mm	pulg	mm	pulg			Serie 1	Serie 2	Serie 3		
6.00	0.236"	1.00	0.039"				DIN 04			
6.35	0.250"	0.89	0.035"	1/4"						
8.00	0.315"	1.00	0.039"		DIN DN 06		DIN DN 06			
9.52	0.375"	0.89	0.035"	3/8"						
10.00	0.394"	1.00	0.039"		DIN DN 08		DIN DN 08			
12.00	0.472"	1.00	0.039"			DIN DN 10	DIN DN 10			
12.00	0.472"	1.50	0.059"		DIN DN 10					
12.70	0.500"	1.65	0.065"	1/2" Cal.16						
13.50	0.531"	1.60	0.063"							ISO DN 08
14.00	0.551"	2.00	0.079"					DIN DN 10		
17.20	0.677"	1.60	0.063"							ISO DN 10
18.00	0.709"	1.00	0.039"			DIN DN 15				
18.00	0.709"	1.50	0.059"		DIN DN 15					
19.05	0.750"	1.65	0.065"	3/4" Cal.16						
19.00	0.748"	1.50	0.059"				DIN DN 15			
20.00	0.787"	2.00	0.079"					DIN DN 15		

Tabla VII (continuación)
Comparativo de Normas y Dimensiones de Tubería

Diámetro Externo		Espesor de pared		Tubing OD	DIN	DIN 11850			SMS DIN	ISO
mm	pulg	mm	pulg			Serie 1	Serie 2	Serie 3		
21.03	0.828"	1.60	0.063"							ISO DN 15
22.00	0.866"	1.00	0.039"			DIN DN 20				
22.00	0.866"	1.50	0.059"		DIN DN 20					
23.00	0.906"	1.50	0.059"				DIN DN 20			
24.00	0.945"	2.00	0.079"					DIN DN 20		
25.00	0.984"	1.20	0.047"						SMS DN 25	
25.40	1.000"	1.65	0.065"							
26.90	1.059"	1.60	0.063"							ISO DN 20
28.00	1.102"	1.00	0.039"			DIN DN 25				
28.00	1.102"	1.50	0.059"		DIN DN 25					
29.00	1.142"	1.50	0.059"				DIN DN 25			
30.00	1.181"	2.00	0.079"					DIN DN 25		
32.00	1.260"	1.20	0.047"						SMS DN 32	
33.70	1.327"	2.00	0.079"							ISO DN 25
34.00	1.339"	1.00	0.039"			DIN DN 32				
34.00	1.339"	1.50	0.059"		DIN DN 32					
35.00	1.378"	1.50	0.059"				DIN DN 32			
36.00	1.417"	2.00	0.079"					DIN DN 32		
38.00	1.496"	1.20	0.047"						SMS DN 40	
38.10	1.500"	1.65	0.065"	1 1/2" Cal.16						
40.00	1.575"	1.00	0.039"			DIN DN 40				
40.00	1.575"	1.50	0.059"		DIN DN 40					
41.00	1.614"	1.50	0.059"				DIN DN 40			
42.00	1.654"	2.00	0.079"					DIN DN 40		
42.40	1.669"	2.00	0.079"							ISO DN 32
48.30	1.902"	2.00	0.079"							ISO DN 40
50.80	2.000"	1.65	0.065"	2" Cal.16						
51.00	2.008"	1.20	0.047"						SMS DN 50	
52.00	2.047"	1.00	0.039"			DIN DN 50				
52.00	2.047"	1.50	0.059"		DIN DN 50					
53.00	2.087"	1.50	0.059"				DIN DN 50			
54.00	2.126"	2.00	0.079"					DIN DN 50		
60.30	2.374"	2.00	0.079"							ISO DN 50
63.50	2.500"	1.60	0.063"						SMS DN 65	
63.50	2.500"	1.65	0.065"	2 1/2" Cal.16						
70.00	2.756"	2.00	0.079"		DIN DN 65		DIN DN 65			
76.10	2.996"	1.60	0.063"						SMS DN 80	
76.10	2.996"	2.30	0.091"							ISO DN 65
76.20	3.000"	1.65	0.065"	3" Cal.16						

Tabla VII (Continuación)
Comparativo de Normas y Dimensiones de Tubería

Diámetro Externo		Espesor de pared		Tubing OD	DIN	DIN 11850			SMS DIN	ISO
mm	pulg	mm	pulg			Serie 1	Serie 2	Serie 3		
85.00	3.346"	2.00	0.079"		DIN DN 80	DIN DN 80	DIN DN 80			
88.90	3.500"	2.30	0.091"							ISO DN 80
101.60	4.000"	2.00	0.079"						SMS DN 100	
101.60	4.000"	2.11	0.083"	4" Cal.14						
104.00	4.094"	2.00	0.079"			DIN DN 100	DIN DN 100			
114.30	4.500"	2.60	0.102"							ISO DN 100
129.00	5.079"	2.00	0.079"				DIN DN 125			
139.70	5.500"	2.60	0.102"							ISO DN 125
152.40	6.000"	2.77	0.109"	6" Cal.12						
154.00	6.063"	2.00	0.079"				DIN DN 150			
168.30	6.626"	2.60	0.102"							ISO DN 150

La designación A269 TP304 **W/A**, es para tubería concebida para industrias vinícolas ("Winery Application"). Lleva tratamiento térmico de recocido y pulido exterior sólo a nivel "cosmético". No se precisa el Factor de Rugosidad del interior. Las dimensiones se basan en el sistema inglés, como las de la Tabla II.

Tubería A778. Esta norma ASTM presenta un tubo que simplemente se forma, suelda y si acaso se decapa. No lleva tratamiento térmico alguno. Las pruebas mecánicas de esta norma indican que cada lote debe sujetarse a una prueba de tracción y dos pruebas de doblez guiado transversal. Las soldaduras no son necesariamente a ras, ya que existe una tolerancia de 1/16" para refuerzos interiores y exteriores.

Tubería Decapada. Es una designación que es usada para tubo sin pulir, con acabado grisáceo. El decapado es un proceso empleado para eliminar la escoria e impurezas provenientes de la soldadura y/o de un tratamiento térmico oxidante. Sin embargo, el decapado pierde su razón de ser si el tratamiento térmico se realiza en una atmósfera controlada, o bien si se eliminan escorias y contaminantes mediante el uso de abrasivos. Un tubo H-B/A o B/A, tratado térmicamente en atmósfera controlada o con pulido mecánico, funcionalmente puede sustituir con ventaja a un tubo decapado.

Tubería MW. Otra especificación que no podemos olvidar es la del tubo para fabricar conexiones, especialmente codos. Si para fabricar codos empleáramos tubo con tolerancias de A270, donde el espesor puede ser tan delgado como 0.057", los espesores de la pieza terminada resultarán inaceptables. Este defecto será difícil de detectar a simple vista en los codos con extremos "clamp" o ferulados. Sin embargo, siempre es posible realizar una medición con calibrador, la cual nos delataría probablemente escasez de espesor en la parte "externa" de la curva.

La respuesta lógica es emplear un tubo más grueso, comercialmente disponible bajo la designación MW o "Pared Mínima" ("Minimum Wall"). Por ejemplo, para fabricar codos con tangentes L2S calibre 16, se debe pedir tubo A269, 0.066" MW, cuyo espesor se mantiene siempre arriba de las 66 milésimas de pulgada; al doblarse y pulirse genera un codo con pared dentro de las mismas tolerancias del tubo con que probablemente se soldará a tope. De no especificarse MW, se entiende que la pared nominal es la designada AW ("Average Wall") o promedio, con tolerancia que admite variación de espesor en más y en menos.

Tubería R/L. Cuando se adquiere tubería que se va a usar en tramos muy cortos, existe la

posibilidad de usar puntas y colas de la producción normal. Son tramos de longitud irregular, desde 1.5m hasta 4 ó 5 metros, comercialmente designados como R/L ("Random Lengths"), o largos al azar. El precio de estos tramos es, lógicamente, más bajo que el de tramos de 20 pies (6.10m).

Pulido Mecánico

Cada vez es menos común el designar los acabados del acero inoxidable en términos de "grit", refiriéndose con ello al tamaño del grano abrasivo empleado para pulirlo. El tamaño se identifica con el número de la malla por la que puede hacerse pasar dicho grano. Mientras más cerrada es la malla, más alto su número, más fino el abrasivo y más tersa la superficie que se pule con él.

De esta forma y por años, el acabado sanitario, de acuerdo a las normas 3-A* y ASTM A270, se ha definido como aquel obtenido mediante la acción abrasiva del "grano 150", o "150 grit". Hay varios factores que afectan en última instancia los resultados que se obtienen al pulir con grano 150: el uso de lubricantes, tipo de lubricante, aplicación manual o con herramienta, tipo de herramienta, velocidad, desgaste de la lija, rugosidad inicial, destreza del operario, presión, etc. Por consiguiente, la especificación resulta insuficiente.

Ahora 3-A ha precisado la norma, haciendo referencia al Factor de Rugosidad "Ra".

El Factor de Rugosidad Ra es una medida más directa del acabado superficial, ya que representa un promedio del tamaño de las irregularidades de su sección y puede ser calculado o, más prácticamente, medido por un instrumento llamado Rugosímetro o Perfilómetro ("Profilometer"). Si el promedio es aritmético, se designa Ra; si es geométrico, se designa como RMS ("Root Mean Square"). Para una misma superficie, el Ra es aproximadamente 11% más bajo que el RMS.

Basado en estas definiciones, 3-A establece un Ra máximo de 0.8 micro-metros ó 32 micro-pulg. para el acabado sanitario. Estas unidades son las micras o millonésimas de metro y millonésimas de pulgada, respectivamente. Si multiplicamos el número de micro-metros (μm) por 39.37, obtenemos micro-pulgadas (μpulg). Ver Glosario al final de este MANUAL.

En la Tabla VIII presentamos los Factores de Rugosidad Ra que se producen con diversos abrasivos, lubricantes y tamaños de grano. Los números reflejan la posible variación de resultados obtenibles con el mismo grano.

Es importante enfatizar que el mero uso de un abrasivo determinado no garantiza la obtención de un cierto Ra. Condicionantes primordiales para alcanzar un cierto acabado son el respetar una rigurosa secuencia de aplicación de tamaños de grano y un cuidado minucioso en el manejo de los abrasivos.

Cuando se desea producir un acabado sanitario a partir de un cordón burdo de soldadura o de un "acabado de molino" ("Mill finish"), son necesarios varios pasos: empezar con grano 36,

TABLA VIII Lecturas de Perfilómetro Ra ($\mu\text{pulg.}$) para diferentes granos abrasivos y lubricantes. (Cortesía de Stainless Products, Inc.)				
Abrasivo: Óxido de Aluminio				
Grano (Grit)	Aceite	Emulsión acuosa	Seco	Grasa
24	160	175	180	
36	140	155	160	
40	130	135	150	
50	110	120	125	
60	90	95	98	
80	70	75	80	
100	60	65	70	
120	50	55	58	
150	37	41	45	27
180	25	30	44	18
220	15	18	20	8 - 9
240	10 - 12	15	17	7 - 8
280	9 - 10	12 - 14	15	6 - 7
320	7 - 8	10 - 12	14	5 - 6
400	6 - 7	9 - 10	13	4 - 5
Abrasivo: Carburo de Silicio				
Grano (Grit)	Aceite	Emulsión acuosa	Seco	Grasa
180	9	12	10	7 - 8
240	8	10	8	6
320	6	8	6	3 - 4

pasar 50/60 y 100/120, para terminar con 150/180. Cada caso, obviamente, requiere probarse por separado.

La omisión de alguno de los pasos de pulido ocasiona la formación de pliegues y recovecos imperceptibles a simple vista, pero detectables con algún proceso posterior o por problemas de operación. En efecto, cuando un paso se omite, la acción del siguiente no logra borrar al anterior, como dicta la buena práctica. Entonces, típicamente el operario pone más empeño, más presión, calienta y dobla los picos de las rugosidades, ejerciendo una acción de embarrado y formando los defectos mencionados, que constituyen focos de contaminación y disminuyen la limpiabilidad de la superficie.

Otra fuente de preocupación son los poros ("pits"), que se generan usualmente por la presencia de inclusiones no metálicas en el acero o por procesos de soldadura defectuosos. La aplicación meticulosa de los varios pasos de pulido puede resultar infructuosa para eliminar dichos poros.

Atendiendo la indeseabilidad de los defectos mencionados, la norma 3-A los cita específicamente. El texto completo original en inglés dice:

"D1, All product contact surfaces shall have a ground and/or polished finish at least as smooth as a No. 4 finish on stainless steel sheets, free of imperfections such as pits, folds and crevices."

"F, Surface finish equivalent to 150 grit or better as obtained with Silicon Carbide, properly applied on stainless steel sheets, is considered in compliance with the requirements of Section D1 herein. A maximum Ra of 32 μ -inch (0.8 micrometer), when measured according to recommendations in ANSI/ASME B46.1 -Surface Texture, is considered equivalent to a No. 4 finish."

Electropulido

El proceso de Electropulido (EP), o pulido electrolítico, remueve material de las superficies metálicas en forma inversa a como la galvanoplastia deposita, dentro de un baño de ácidos y mediante corriente eléctrica. Puesto que la corriente se concentra en las protuberancias, macro y micro, el Electropulido nivela las irregularidades y elimina sin violencia una capa de aproximadamente media milésima de pulgada que normalmente alberga residuos de abrasivos contaminantes y sufre de una estructura metalográfica alterada por la acción del pulido mecánico que normalmente lo precede.

En aceros como el AISI-316L, el electropulido produce una superficie tersa, sin protuberancias, ni cambios abruptos, sin contaminantes y con granos austeníticos equiaxiales.

A continuación presentamos algunas cualidades y usos de las superficies electropulidas:

Máxima limpiabilidad. Se ha demostrado que una superficie electropulida, aún con un Ra 10 veces más alto que el del acabado espejo, se limpia con la misma facilidad que éste.

Mínima adherencia. Esto se aprovecha para el interior de reactores donde se llevan a cabo procesos de polimerización y en intercambiadores de calor, donde se retarda, o a veces hasta se evita totalmente la incrustación.

Máxima resistencia a la corrosión. Gracias a la ausencia de fisuras, recovecos y contaminantes, así como la estructura austenítica de granos equiaxiales, el acero inoxidable electropulido presenta "su mejor cara" para soportar la corrosión. Esta puede incrementarse aún más mediante la pasivación con ácidos o quelantes (Ver el capítulo de Pasivación).

Inspección. El Electropulido es una herramienta de inspección cruel. Poros y fisuras en soldaduras, fácilmente ocultables por un deficiente o amañado pulido mecánico, salen a relucir con el pulido electrolítico, al deshacer la capa "embarrada" que tapa las imperfecciones.

Excelente pasividad con el producto que se maneja. Aparte de ser ésta una cualidad ideal para productos alimenticios, farmacéuticos y para gases de alta pureza, es una característica indispensable para prótesis e implantes.

Incremento de vida a partes sujetas a fatiga, como en resortes, gracias a la eliminación de microfisuras.

Rebabeo. Durante el Electropulido, la corriente eléctrica se concentra selectivamente en las protuberancias, eliminando rebabas.

Máxima cantidad de luz reflejada.

Mínima fricción.

El acabado electropulido, usualmente se especifica con base en un determinado pulido mecánico previo, en términos de "grit", por ejemplo: 240 grit+Electropulido (EP), o bien, 320 grit+EP. Una forma más correcta de especificar es exigiendo un cierto Factor de Rugosidad, medible antes o después del electropulido, por ejemplo:

32 μ pulg. de Ra seguido de EP, o también:

Pulido mecánico + EP con un Ra final máximo de 15 μ pulg.

En las Ilustraciones 9, 10 y 10a se muestran las acciones del pulido mecánico y del EP, con sus muy diferentes resultados. La caricatura de la Ilustración 9 fue hecha por el Dr. Charles Faust, a quien debemos desarrollos muy importantes del Electropulido.

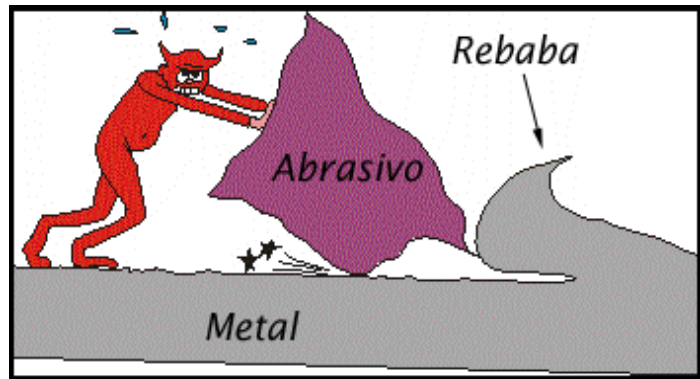


Ilustración 9: Pulido Mecánico, Caricatura por el Dr. Charles Faust.

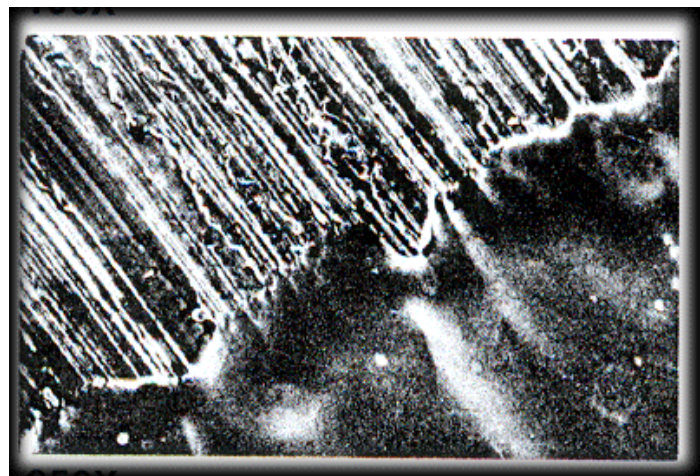


Ilustración 10: Acabado Sanitario, electropulido en la parte inferior derecha.

Soldadura Orbital

La soldadura orbital es un proceso TIG automático para unir tubería. Nace con el objeto de eliminar las variaciones naturales de un proceso manual, así como para optimizar y garantizar la repetibilidad de los parámetros.

En la soldadura orbital se controlan electrónicamente voltaje, corriente, flujo de gas, velocidad, etc. Una vez seleccionados, lo único a cuidar es el buen ensamble y la limpieza de la junta.

El refinamiento logrado con la soldadura orbital permite minimizar el calor suministrado, mediante la aplicación de una serie de puntos traslapados y no de un cordón continuo, con penetración exacta y controlando la corriente en cada cuadrante conforme el arco avanza alrededor del tubo.

La corriente no es simplemente directa, pues consiste de una onda cuadrada con adición de alta frecuencia al inicio del proceso y disminución gradual al terminar el traslape.



Ilustración 10a: Interior de la tapa de un tanque, en la que se muestra la reflexión del acabado Electropulido.

La configuración típica contempla una fuente de poder computarizada y varios cabezales que albergan mordazas para cubrir los diámetros más comunes del mercado sanitario.

La fuente de poder computarizada almacena una serie de programas, a cada uno de los cuales debe dársele un ajuste fino de acuerdo a las características particulares de la aplicación en turno y conforme a resultados obtenidos al soldar probetas representativas de la línea por instalar, procurando igualar todos los factores que estarán presentes en campo.

Los extremos a soldar, debidamente preparados, preferentemente por una careadora portátil, se presentan a tope, sin separación y sin bisel. Se coloca el cabezal en la junta, se centra el tungsteno en ella, se aprietan las mordazas y se deja que el programa funcione.

Automáticamente la fuente computarizada inicia el suministro de los gases, primario y de purga, deja un tiempo de barrido y arranca el arco con alta frecuencia. A una corriente directa de base se adiciona una onda cuadrada, cuyo valor máximo va variando cada 90° y disminuye gradualmente al completar el giro. El suministro de gas se mantiene unos segundos y, finalmente se corta, terminándose así la soldadura.

Las dimensiones de las mordazas del cabezal, indispensables para una sujeción segura y una alineación correcta, exigen una longitud recta mínima de los tubos o la conexión que se va a soldar. Por ello se diseñaron las conexiones "tangenciales" o para soldadura automática, AWF ("Automatic Welding Fittings"), cuyos extremos rectos son suficientemente largos para recibir las mordazas.

No se puede sobre-enfatizar la importancia de los cuidados al cortar, carear, rebabeear y limpiar las juntas. La limpieza debe incluir las herramientas, los guantes, las manos y el gas de protección. Inclusiones, poros, carbón, chisporroteos, etc. serán las consecuencias de una junta sucia.

El gas de purga merece al menos un párrafo aparte, pues su pureza es de mucha trascendencia para la calidad de la soldadura. Se recomienda que la pureza del argón para purga sea aún mayor que la del que protege el arco.

A pesar de la seguridad que se puede derivar de una soldadura orbital, la certeza de un buen cordón interior sólo se comprueba con una inspección boroscópica, que a la vez ofrece la posibilidad de conservar un registro.

Boroscopia

La inspección boroscópica consta de los siguientes elementos (ver Ilustración 12):

- a) Una sonda de fibra óptica dentro del tubo a inspeccionar para transmitir luz a la junta y la imagen de ésta hacia el otro extremo. Alternativamente, la imagen se puede captar en un chip y trasmitirla como señal eléctrica por medio de un cable.

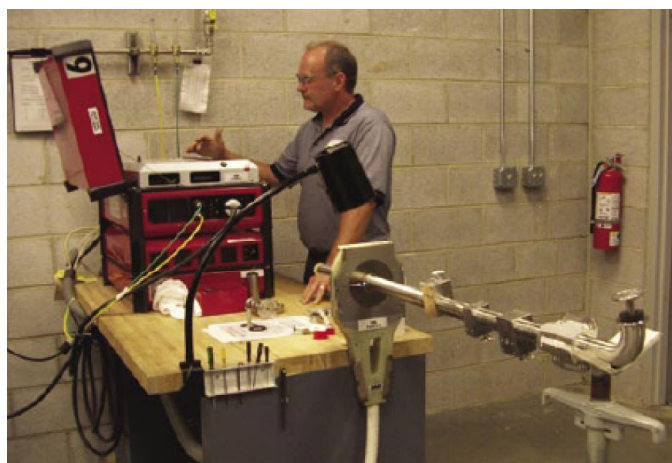


Ilustración 11: Soldadura Orbital en Tubería. (Fotografía por Arc Machines Inc.)

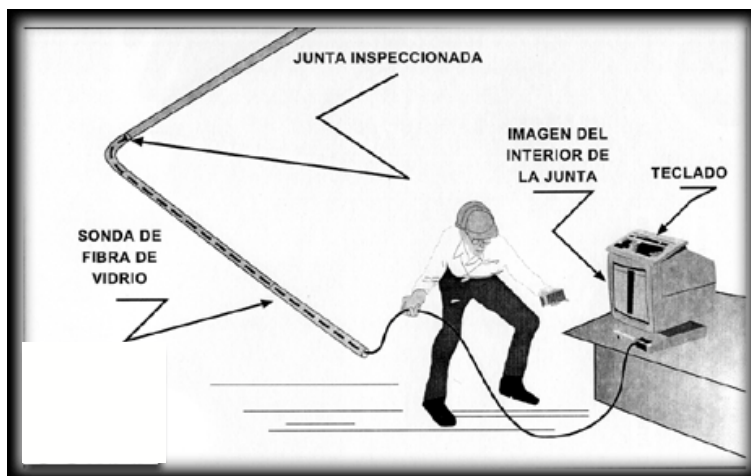


Ilustración 12: Inspección de Soldaduras en Tubería por Medio de Boroscopia.

- b) Una cámara de video que recibe la imagen.
- c) Un monitor a color para amplificar y observar la junta.
- d) Una videograbadora
- e) Un teclado para introducir datos

La sonda acepta doblarse en los codos y, al girarse desde la entrada, permite ver y filmar toda la circunferencia de la junta.

En la inspección de soldaduras de tuberías, la boroscopia ha venido reemplazando a los rayos "X", pues éstos son insuficientes para descubrir algunos defectos como, por ejemplo, coloración por deficiencia en la purga, contaminantes y rayones de la preparación.

Con un boroscopio debidamente manejado y la experiencia del operador, se define de inmediato si una junta está correcta o requiere repetirse. Además, analizando los defectos, se puede determinar qué parámetro(s) hay que corregir para obtener la calidad deseada al repetir la soldadura.

El conjunto de filmaciones de las juntas correctas y debidamente identificadas constituye un registro necesario para respaldar la calidad de la instalación.

Pasivación del Acero Inoxidable

Se define como el proceso en el que una superficie metálica se hace no-reactiva o más resistente a la corrosión.

Es importante mantener las superficies que se usan para fabricar productos para consumo humano, como alimentos y medicinas, libres de corrosión y contaminantes. En la pasivación, un flujo de soluciones remueve de la superficie contaminantes y catalizadores de la corrosión permitiendo la formación de una capa de óxido, en esencia, "pasiva".

Se pasivan rutinariamente los sistemas nuevos justo antes del arranque, o bien como un procedimiento de mantenimiento en instalaciones existentes.

En instalaciones nuevas, antes de la pasivación, es necesario eliminar aceites, grasas y residuos propios de la fabricación.

La frecuencia con que debe repetirse la pasivación depende de cómo y con qué se pasivó originalmente, de la calidad de los materiales y su fabricación, y de las propiedades de la sustancias que fluyen durante operación y limpieza.

Métodos tradicionales de pasivación se basan en productos químicos muy tóxicos como ácidos nítrico, fosfórico y fluorhídrico. Además de peligrosos en su manejo, la eliminación de los residuos representa un problema ecológico. Los ácidos minerales atacan la superficie del acero y arrastran sus componentes, incluyendo metales peligrosos, como el Cromo.

Ha surgido en el mercado una alternativa de pasivación mediante quelantes o secuestradores de iones metálicos libres, principalmente EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) y ácido cítrico. Estos productos son biodegradables, menos corrosivos, fáciles de manejar y normalmente se acepta su descarga directa al drenaje.

Los quelantes efectúan una labor de pasivación excelente y sus ventajas sobre los ácidos inorgánicos han sido objeto de estudios muy interesantes basados en pruebas Auger, para determina la composición química del acero en una capa superficial de unas cuantas decenas de Angstroms. Los resultados presentan un aumento considerable de la relación Cr/Fe con respecto a la composición teórica del acero, lo cual se traduce en una mejor resistencia a la corrosión.

La pasivación de tuberías de acero inoxidable es primordialmente importante para mejorar el comportamiento de las zonas afectadas por el calor de la soldadura ("HAZ", ver Glosario), donde usualmente se ve alterada la composición superficial y la estructura del acero.

Codos

El simple concepto de un tubo doblado nos puede llevar a varias opciones. La primera división la establece el ángulo del doblar: 90 y 45 grados, y para aplicaciones farmacéuticas de 88 y 92 grados.

Dentro de los codos de 90 grados, tenemos las siguientes variables, que enlistaremos usando las designaciones aceptadas en el medio:

Codos sin tangentes (Clave OG2WC). Primeramente hagamos una aclaración. Estos codos erróneamente son referidos como "codos radio corto", siendo que en realidad codos con tangentes cortas o largas, así como codos sin tangentes, tienen el mismo radio de curvatura: 1.5 veces de diámetro. Por ejemplo, los codos de 2" de diámetro tienen un radio de curvatura de 3". Por lo tanto, es deseable usar el concepto de tangente, mas no el de radio, como elemento distintivo.

Un codo 2WC consiste en un cuadrante de toroide (dona), el radio de curvatura se mantiene constante de extremo a extremo de la pieza y, en consecuencia, en ningún lugar se conserva intacta la forma del tubo con que se fabricó (Ver Ilustración 13).

Los codos 2WC, a causa del formado, presentan un espesor no homogéneo, que se evidencia al inspeccionar los extremos. La zona "a", que sufrió de estiramiento en el proceso de formado, se habrá adelgazado; la zona "b", que se comprimió, habrá engrosado (ver Ilustración 15). Esta característica plantea cierta dificultad para soldar, ya que diferentes espesores demandan diferentes parámetros en el proceso. Si a esta irregularidad de espesor le sumamos las posibles variaciones, aún dentro de tolerancias, de ovalamiento, diámetro y espesor, tanto del codo como del tubo con que eventualmente se suelde, es muy probable que el interior del cordón resulte con escalón y/o con falta de fusión. Estos defectos se detectan sólo mediante boroscopia (Ver sección correspondiente), cuyo uso está generalizado en el campo farmacéutico.

Entonces, ¿por que son tan populares en México los codos 2WC? -- Por su bajo precio.

En el mercado mexicano se ha dado un fenómeno por el que han proliferado fabricantes de codos 2WC que usan un método de producción un tanto tortuoso, poco creíble y definitivamente reproducible. Las instrucciones de fabricación serían así:

- 1) Compre un tubo barato, sin marcas, sin MTR, sin tratamiento térmico, con cualquier acabado superficial y que apenas cumpla con el espesor mínimo del calibre 16 (0.065" - 10%). Si son puntas o colas de fabricación, mejor.
- 2) Córtelo en pedazos.
- 3) Calientelo una vez: Suéldele una tapa.
- 4) Calientelo otra vez: Llénelo de brea caliente.
- 5) Calientelo por tercera vez: Suéldele la otra tapa.
- 6) Con la brea solidificada, empújelo dentro de un dado con la forma del codo.
- 7) Córtelo las tapas.
- 8) Calientelo por cuarta vez para fundir la brea y vaciarlo.
- 9) Lávelo con solvente.
- 10) Caree extremos y ajuste escuadra.
- 11) Redondee extremos.
- 12) Adelgace al pulirlo el ya escaso espesor.

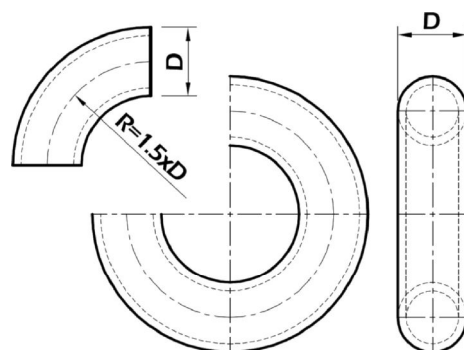


Ilustración 13: Toroide Generador para Codos
D = Diámetro exterior

- 13) Sorprenda a su cliente con un producto fuera de tolerancia en espesor y con estructura metalográfica alterada por calentamientos repetidos sin control.
- 14) Deséele buena suerte al soldador.
- 15) Esté prevenido para buscar algún culpable si el funcionamiento de la instalación no es el esperado.
- 16) Aunque el proceso parece largo, si se hace en un local rústico y se "aprovecha" la mano de obra "barata" del país, el costo de este producto resulta muy atractivo para quien no reflexiona en los conceptos anteriores. ¿Es este un buen ejemplo de "economía mal entendida"?

Si, a pesar de todo, usted quiere codos 2WC, exija que hayan sido formados en frío por una dobladora de tubos y a partir de tubo MW (0.066" de espesor mínimo). Así no habrá defectos metalográficos y el espesor estará dentro de tolerancia.

Inspección de codos

En forma general, esta sería una forma de inspeccionar codos soldables sin tangentes 2WC:

Diámetro. Mida con un calibrador pié de rey por lo menos dos diámetros, procurando que uno sea en el plano del dobléz y el a otro 90°. La diferencia de cualquiera de ellos contra el diámetro nominal D no debe ser mayor de 0.020", como se muestra en la Ilustración 14.

Ovalamiento. Si no le es posible montar el codo en un torno y registrar las variaciones de diámetro con un indicador de carátula, acople una férula en cada extremo del codo y marque los diámetros que más se alejan de la férula. Médalos con calibrador pié de rey. La diferencia entre ellos no debe ser mayor que 0.020".

Continuidad de sección. El codo puede estar redondo en los extremos, pero variar la sección a lo largo del dobléz. La prueba no destructiva más correcta consiste en hacer pasar una esfera por el interior del codo. Teóricamente, el diámetro de dicha esfera debe ser igual al diámetro exterior mínimo aceptable (por A270), menos el espesor máximo aceptable (por ASTM A270) del tubo del mismo diámetro nominal. En la practica habría que considerar un diámetro de esfera unas cuantas milésimas mas chica. Alternativamente, sacrificando una pieza, se corta a la mitad, cuidando no deformarla y que el corte sea radial. Los diámetros en la sección cortada deben cumplir con las mismas tolerancias de diámetro y ovalamiento de los extremos.

Espesor. Use un micrómetro con palpador esférico, apoyando éste en el interior del codo. Procure medir especialmente la parte exterior y más cercana de los extremos, que es donde el material se adelgaza más (ver Ilustración 15). De esta forma estará usted analizando la zona más critica donde los efectos de disminución de espesor, tanto por estiramiento como por pulido, se juntan. Si cortó una pieza para analizar la continuidad de la sección, cheque también los espesores cerca del corte. La tolerancia generalmente aceptada para espesores en calibre 16 (0.065") se encuentra entre +0.005" y -0.008" siendo poco probable que los codos 2WC cumplan con esta tolerancia.

Dobléz. Con cuatro codos, forme un toroide (dona) sobre una superficie plana, idealmente un mármol o cuando menos en un escritorio con cubierta de cristal. El ajuste entre los codos no debe permitir paso de luz, todas la piezas deben apoyar parejo sobre la superficie plana y no formar

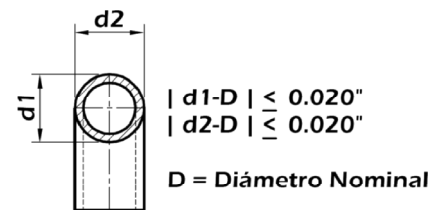


Ilustración 14: Variación permitida para el Diámetro Nominal

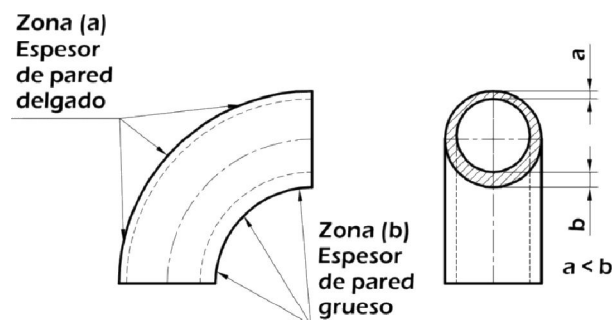


Ilustración 15: Efectos del formado

escalones entre sí. Esto permite determinar si los codos son efectivamente de 90° y si el doblado se mantuvo en un plano y con un radio constante. Intercámbielos de posición y vuelva a inspeccionarlos.

El radio puede medirse marcando tres puntos sobre una superficie plana donde presentemos al codo "acostado", como se muestra en la Ilustración 16.

El primero y el segundo son los puntos donde los extremos tocan la superficie plana y el tercero en la intersección de los planos de los extremos. La medida entre cada uno de los dos primeros y el tercero, que viene siendo el radio de curvatura medido en dos puntos, debe ser igual a 1.5 veces el diámetro, ± 0.030 ".

Una forma más exacta de medir el radio consiste en medir la altura E del codo apoyando un extremo sobre un mármol, con un calibrador de alturas y restarle la mitad del diámetro exterior d_1 .

Si las pruebas arrojan defectos, en la instalación no será posible mantener los tubos dentro de las trayectorias previstas, el instalador de la tubería batallará con los ensambles, se verá obligado a perder tiempo en ajustes manuales y la tubería quedará probablemente con defectos en soldaduras, focos de contaminación y esfuerzos donde la corrosión se verá favorecida.

Recordamos que la apariencia exterior de una soldadura puede ser excelente, pero es más importante el acabado interior, que sólo se puede inspeccionar mediante boroscopia.

L2S Son codos con tangente, también conocidos como "codos largos" e incorrectamente llamados "codos de radio largo". Ver Ilustración 17.

La parte curva de estos codos tiene el mismo radio de curvatura que los codos 2WC: una vez y media el diámetro. Tienen, adicionalmente a los 2WC, extremos rectos en cada extremo, donde el tubo que sirvió para darles origen no sufrió ninguna deformación durante el doblado o curvado. Esto tiene una gran ventaja para soldar: los extremos de este codo conservan la sección original del tubo, con diámetro, espesor y ovalamiento tan dentro de tolerancias como antes del doblado.

Entonces, si se parte de un buen tubo, tendremos un codo con buenos extremos para soldar.

Los codos L2S no se pueden fabricar usando el método indeseable descrito en el apartado anterior (con tapas, brea, prensa, etc.), ya que al pasarlo por un dado curvo no es posible conservar rectos los dos extremos. Para fabricar los codos L2S se requiere de una curvadora o dobladora de tubo. Esta máquina es mucho más sofisticada y costosa que una prensa, y su operación requiere de técnicos capacitados y tubos con propiedades mecánicas apropiadas para el proceso de doblado, de manera que el formado sea sin arrugas ni fracturas.

Los codos L2S y 2WC formados en dobladora son necesariamente más costosos que los 2WC hechos en prensa, pero ya vimos que usar estos últimos no es una buena decisión.

Conexiones AWF

La norma ASME BPE (Bioprocessing Equipment) define los requerimientos aplicables para el diseño de equipo de bioproceso e instalaciones higiénicas de conducción de fluidos de alta pureza, en aspectos relacionados a la esterilidad y limpieza, dimensiones y tolerancias, requerimientos de acabado superficial,

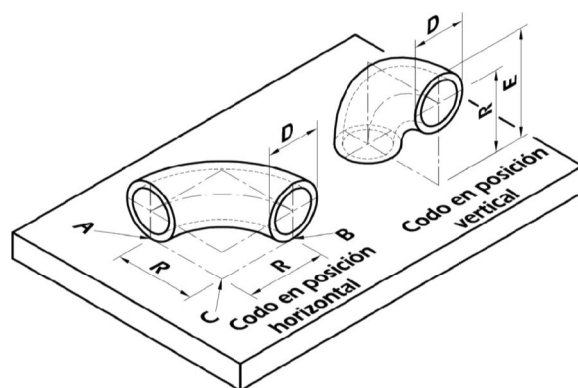
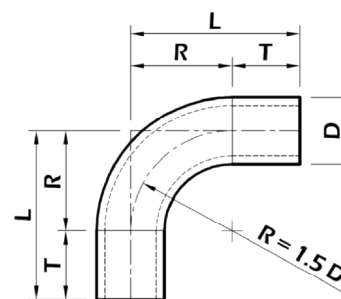


Ilustración 16: Codo apoyado sobre superficie plana



D - Diámetro nominal
R - Radio de curvatura
T - Tangente recta
L - Longitud total de cara a centro

Ilustración 17: Codo con extremos tangenciales L2S.

materiales de unión y sellos, para todas aquellas partes que se encuentren en contacto directo con el producto.

Las conexiones BPE están diseñadas para instalaciones donde se utilizará equipo de soldadura automática orbital, con extremos rectos apropiados para todo tipo de cabezas orbitales.

Toda conexión debe fabricarse cumpliendo con las tolerancias que requieran las máquinas orbitales de soldar automáticas, incluyendo ovalamiento, espesor de pared y escuadre, así como los requerimientos del estándar para instalaciones y equipos de Bioproceso (ASME BPE 2012).

- ♦ **IDENTIFICACIÓN DE MATERIAL.** Todas las conexiones BPE son marcadas permanentemente con el Número de Colada, tipo de material, acabado, designación de la pieza, fabricante, permitiendo junto con el "certificado" (MTR) la rastreabilidad deseada.
- ♦ **EMPAQUE.** Estas conexiones se empacan con caps (tapones plásticos) en cada extremo, dentro de bolsas selladas de plástico debidamente etiquetadas.
- ♦ **ACABADOS.** Están disponibles acabados mecánico y Electropulido con factores de rugosidad Ra interiores de 20 μ pulg (SF1) y 15 μ pulg (SF4), respectivamente. El exterior puede suministrarse sin pulir o, típicamente, con pulido sanitario (32 μ pulg máximo Ra).

ASME BPE-2012
(Revision of ASME BPE-2009)

Bioprocessing Equipment



Ilustración 18: Portada del ASME BPE 2012

Tópicos Sanitarios

Tubo sin costura

Indudablemente existe y se emplea mucho en la práctica, pero muchos tubos sólo aparentan no tener costura.

No es posible detectar de primera impresión la costura de un tubo A270, bien soldado y bien pulido. Quizás un ojo educado o un tacto experimentado puede localizar la soldadura, pero algo definitivo sólo se logra mediante Rayos "X", electropulido o un ataque destructivo con ácido clorhídrico. Esto es factible gracias a que la estructura de fundición de la soldadura afecta en forma distinta el paso de los Rayos "X" y presenta diferente resistencia al ataque químico de los ácidos.

La tubería sin costura es mucho más costosa que la soldada y su empleo en aplicaciones sanitarias pocas veces se justifica.

Acabado espejo No. 8 vs. Electropulido.

Aunque es el acabado espejo para muchos el más vistoso, técnicamente no es el ideal. El acabado No. 8 refleja imágenes igual que un espejo de cristal, sin ninguna clase de rayones. Esto requiere de una docena de pasos de pulido mecánico con diferentes abrasivos y pastas. El pulido mecánico consiste en un arranque violento de material y, aunque una superficie tersa favorece la resistencia a la corrosión y la limpiabilidad, el proceso altera negativamente la estructura de la superficie:

** El calentamiento concentrado no se disipa con rapidez, se genera ferrita y se crean*



OGMAN Tuberas Inoxidables, S.A. de C.V.

San Nicolás No. 2
Col. San Nicolás Tlaxcolpan
C.P. 54030, Tlalnepantla,
Estado de México, México
Tel. +52 (55) 5311-7781
Fax: +52 (55) 5311-7373

Correo: ventas@grupoogman.com

Web: www.grupoogman.com

