



Estandarización de procesos de fabricación y montaje de tubería sanitaria encamisada

Santiago Arbeláez Valencia

Informe de práctica presentado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Asesor interno

Edwar Andrés Torres López

Doctor (PhD) en Ingeniería Mecánica

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Mecánica

Medellín, Antioquia, Colombia

2024

Cita	(Arbeláez Valencia Santiago, 2024)
Referencia	(Arbeláez Valencia Santiago, 2024). <i>Estandarización de procesos de fabricación y montaje de tubería sanitaria encamisada, 2024</i> [Informe de práctica]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Biblioteca Carlos Gaviria Díaz

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Agradecimientos

Familia Arbeláez Valencia
Programa de Ingeniería Mecánica
Profesor Edward Andrés Torres López
Ingeniero Norberto Echavarría
Gerente Juan Camilo López
FAISMON S.A.S

Tabla de contenido|

Resumen	10
Abstract	10
Introducción	11
1 Planteamiento del problema	12
1.1 Antecedentes	13
2 Justificación.....	14
3 Objetivos	15
3.1 Objetivo general	15
3.2 Objetivos específicos.....	15
4 Marco teórico	16
5 Metodología	24
5.1 Estudio de la necesidad y del proceso actual	24
5.2 Estandarización de medidas y construcción de planos parametrizados	24
5.3 Estandarización de los procesos de fabricación	25
5.4 Capacitación del personal.....	26
6 Resultados y discusión	27
6.1 Estudio de la necesidad	27
6.2 Estandarización de medidas y planos parametrizado	28
6.3 Procesos de fabricación.....	37
6.3.1 Proceso de corte	37
6.3.2 Estandarización de los procesos de soldadura bajo las normas internacionales.....	38
6.3.3 Estandarización del proceso de montaje	55
6.4 Capacitación del personal técnico	68

8 Conclusiones69

9 Recomendaciones.....71

Referencias72

Anexos.....74

Lista de tablas

<i>Tabla 1. Composición química del acero ASTM A270 grado 304.</i>	<u>20</u>
<i>Tabla 2. Avances de codos estándar de fábrica.</i>	<u>29</u>
<i>Tabla 3. Dimensiones del niple central que une los 2 semi codos.</i>	<u>30</u>
<i>Tabla 4. Composición química aporte 308L.</i>	<u>44</u>

Lista de figuras

Figura 1. Elementos de un proceso productivo en la Compañía Nacional de Chocolates. _____	18
Figura 2. Elementos de una tubería encamisada sanitaria. _____	20
Figura 3. Uniones soldadas y uniones mecánicas de tubería sanitaria encamisada. _____	22
Figura 4. Estructura de un codo estándar. _____	29
Figura 5. Avance de un codo. _____	29
Figura 6. Desarrollo geométrico para verificar dimensión del niple. _____	30
Figura 7. Plano estandarizado para la fabricación de un codo estándar de 3" en 2". _____	32
Figura 8. Estructura de una tubería en Tee estándar. _____	33
Figura 9. Plano estandarizado para la fabricación de una Tee de 3" en 2". _____	34
Figura 10. Estructura de una tubería recta estándar. _____	35
Figura 11. Plano estandarizado para la fabricación de una tubería recta de 3" en 2". _____	36
Figura 12. Proceso de corte utilizado actualmente. _____	37
Figura 13. Diseño final de la mesa para cortar tubería adaptado al lugar de trabajo. _____	38
Figura 14. a) Junta a tope para soldadura autógena CJP y b) junta en esquina para soldadura de filete PJP. _____	40
Figura 16. Variables específicas para el WPS (American Welding Society [AWS], 2017, pág. 28) _____	43
Figura 17. Datos para la selección de parámetros para GTAW en láminas de distintas aleaciones (Hobart Institute of Welding Technology, 1995). _____	43
Figura 18. Requerimientos para el PWPS (American Welding Society [AWS], 2017) _____	46
Figura 19. Diseño de la junta a tope (American Welding Society [AWS], 2017) _____	47
Figura 20. Diseño de junta en T (American Welding Society [AWS], 2017) _____	47
Figura 21. Diseño de junta a tope para tubería SCH 10 (American Welding Society [AWS], 2017) _____	48
Figura 22. Detalles de junta tipo deslizante (American Society of Mechanical Engineers [ASME], 2015) _____	49
Figura 23. Criterios de aceptación para unión de tubería para aplicaciones sanitarias según AWS D18.1 (American Welding Society [AWS], 2009). _____	51
Figura 24. Niveles de decoloración interna luego del proceso de soldadura según AWS D18.1 (American Welding Society [AWS], 2009). _____	52
Figura 25. Curvas de sensitización del acero inoxidable según su porcentaje de carbono. (Manuel Arcila, 2018) _____	52
Figura 26. Ejemplo de secuencia recomendada para el proceso de soldadura. _____	53
Figura 27. Tabla de selección de tipos soporte para tubería (Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry. INC [MSS], 2009). _____	57
Figura 28. Tipos de soporte para tubería (1 – 30) (Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry. INC [MSS], 2009) _____	59

<i>Figura 29. Tipos de soporte para tubería (31 – 59) (Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry. INC [MSS], 2009)</i>	60
<i>Figura 30. Especificaciones técnicas del aislamiento.</i>	61
<i>Figura 31. Espesores de aislamiento recomendados por la empresa CALORCOL.</i>	61
<i>Figura 32. Temperatura V.S conductividad del aislamiento.</i>	62
<i>Figura 33. Longitudes recomendadas para la instalación de soportes de tubería acero y de cobre (Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry. INC [MSS], 2009)</i>	63
<i>Figura 34. Diámetro mínimo recomendado de varilla para el soporte. (Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry. INC [MSS], 2009)</i>	64
<i>Figura 35. Distancia de la base del soporte al inferior del aislamiento.</i>	65
<i>Figura 36. Empaque de silicona para unión universal SMS.</i>	66
<i>Figura 37. Empaque de silicona para unión entre bridas de tipo sanitario.</i>	66
<i>Figura 38. Materiales según el color del empaque espiro metálico.</i>	67
<i>Figura 39. Empaque espiro metálico para unión entre bridas.</i>	67

Siglas, acrónimos y abreviaturas

AWS	American Welding Society.
ASME	American Society of Mechanical Engineer.
GTAW	Gas tungsten arc welding.
MSS	Manufacturers Standardization Society.
WPS	Welding Procedure Specification.
FDA	Food and Drug Administration.
TSE	Tubería sanitaria encamisada.
ICP	In situ cleaning process.
EFSA	European Food Safety Authority.
PvC	Cloruro de polivinilo.
SMAW	Shielded Metal Arc Welding.
GMAW	Gas Metal Arc Welding.
SMS	Standard Mechanical Seal.
CJP	Complete Joint Penetration
PJP	Partial Joint Penetration

Resumen

La tubería encamisada sanitaria es un elemento empleado en transporte de materias primas, ampliamente utilizado en la cadena de producción de alimentos. Para su fabricación son requeridos distintas etapas y procesos de manufactura como el doblado, corte y unión de los elementos. Para su fabricación, los equipos de trabajo emprenden la labor de forma distinta, lo cual torna difícil establecer tiempos y costos reales de manufactura. Con el fin de mejorar la calidad en la fabricación y montaje de tubería sanitaria para el transporte de materia prima alimenticia, se desea establecer un protocolo que permita estandarizar los procesos de fabricación de estos elementos. Esto permitirá tener claridad sobre los costos asociados a este proceso, ya que la secuencia de fabricación, los tiempos, materias primas y consumibles son aproximadamente los mismos. Esto independiente del grupo de trabajo que elabore los mismos elementos; además de reducir los tiempos de montaje gracias a la mejora en la precisión de fabricación de esta tubería.

Palabras clave: tubería sanitaria, fabricación, estandarización, soldadura, montaje

Abstract

The sanitary jacketed pipe serves as a crucial component in the transportation of raw materials within the food production chain. Its manufacturing process involves several stages such as bending, cutting, and joining of elements. However, due to the differing approaches taken by work teams, accurately estimating manufacturing times and costs poses a significant challenge. To address this issue and enhance the quality of manufacturing and assembly of sanitary pipes for food raw material transportation, there is a need to establish a standardized protocol for the manufacturing processes of these elements. Such a protocol aims to bring clarity regarding the costs associated with this process, given the consistency in manufacturing sequence, times, raw materials, and consumables, irrespective of the work team involved. Moreover, standardization is anticipated to streamline assembly processes by improving the precision of pipe fabrication, ultimately contributing to enhanced efficiency and cost-effectiveness in production.

Keywords: sanitary pipe, manufacturing, standardization, welding, assembly.

Introducción

La manufactura de tubería sanitaria encamisada (TSE) constituye un pilar en los procesos de producción en la industria alimentaria, ya que desempeña un papel crítico en el transporte de materias primas esenciales para la producción de alimentos. A lo largo de los años, ha sido testigo de avances significativos en diseño e ingeniería, impulsados por la creciente demanda de procesos más higiénicos y eficientes para la manipulación de ingredientes clave para este sector.

El empleo de TSE está ligado a la necesidad de garantizar la seguridad alimentaria y la calidad de los productos. Estas tuberías han experimentado un cambio constante, ligado a la necesidad por cumplir los rigurosos estándares y normativas que rigen la manipulación de alimentos. Esta evolución ha permitido no solo mantener, sino también mejorar, la integridad de las materias primas a lo largo de su viaje en el proceso de producción.

Además del transporte higiénico de las materias primas, se presentan otras prerrogativas como el aumento en la producción, la ampliación de los tipos de materias primas empleadas y la fluidez de éstas a temperatura del ambiente. Este último implica la necesidad de implementar calefacción en estos conductos, con el fin de poder procesar de manera higiénica y veloz las materias primas, con necesidades especiales de temperatura.

Enfocando los requerimientos al contexto de esta práctica académica, se debe tener en cuenta el contexto de la empresa contratista: FAISMON S.A.S., la cual tiene uno de sus centros de trabajo en la Compañía Nacional de Chocolates S.A., la cual se dedica a la fabricación de chocolates y *snacks* para el consumo humano.

Para el procesamiento de alimentos una de las etapas es el transporte de las materias primas entre los tanques de almacenamiento y los diferentes equipos para la transformación de los productos. Para este fin se requiere la adaptación de las tuberías que transportan los productos, además de generar conexiones entre tuberías para cumplir con los diseños que entrega la empresa cliente (Compañía Nacional de Chocolates). Con los requerimientos y rutas establecidas por el cliente, se proceden a construir los diferentes tramos de tubería: tuberías rectas, codos estandarizados y especiales, tubería en T y en Y.

Esta práctica académica se centra en estandarizar los procesos de fabricación y montaje de este tipo de tubería, permitiendo garantizar que los procedimientos aplicados sean precisos y específicos, facilitando el control de la producción y la definición de costos de fabricación.

1 Planteamiento del problema

En el sector metalmecánico es común que muchos de los desarrollos y servicios sean realizados de forma descoordinada, debido a las dificultades inherentes a la planificación y estandarización de procesos y procedimientos. Esto conduce a la alta dependencia del personal y su experiencia en la realización de sus actividades, así como dificultades en la gestión de recursos y determinación de costos.

Para el caso de la compañía FAISMON S.A.S. una de sus productos y servicios constituye la fabricación y montaje de tubería sanitaria para el transporte de materias primas en el sector alimenticio. Al analizar la necesidad presentada anteriormente se observa que los principales desafíos son el proceso de corte y soldadura.

En el proceso de corte es necesario garantizar que al seccionar los tramos de tubería los cortes sean perpendiculares a la línea de la tubería, y así evitar desalineamientos durante el proceso de unión.

En el proceso de soldadura las dificultades se centran en garantizar la penetración adecuada en la junta, así como lograr estandarizar los parámetros de soldadura y la preparación de las juntas. Para ello se requiere construir procedimientos de soldadura que indique claramente los pasos para la ejecución de esta operación. Sin embargo, existen dos posibilidades de estandarización: diseñar un procedimiento precalificado o calificar un procedimiento. Sin embargo, para estas dos alternativas debe ser evaluada su factibilidad, debido a los requerimientos que presenta el estándar que rige la construcción de dichos procedimientos. En el caso de no ser posible la elaboración de ninguno de estos por lo menos se deben construir documentos guía para la fabricación de las uniones soldadas.

La empresa FAISMON S.A.S. realiza la fabricación siguiendo los lineamientos dispuestos por el grupo de diseño de la empresa cliente. No obstante, el resultado final puede presentar ciertas diferencias con el diseño inicial, debido a la falta de un proceso estándar que permita garantizar la manufactura de la tubería. Es por ello por lo que algunos de los sistemas fabricados presentan defectos de soldadura, incoherencias con medidas requeridas, fugas de agua o producto y otras condiciones que se puedan observar a lo largo del desarrollo de este proyecto.

Estos problemas se ven acentuados debido a la falta de conocimientos técnicos del personal, que les impide identificar los defectos y sus causas, por lo que recurren a prácticas no ortodoxas

para resolver los errores observados, llevando a su vez la generación de otras fallencias evidenciadas en el producto final. Estos errores llevan a reprocesos, aumento de costos y pérdidas de confianza por parte de los clientes.

Para la empresa FAISMON S.A.S, es indispensable establecer protocolos y estándares de fabricación que le permitan certificar y garantizar la calidad de sus productos, con el fin de competir con las demás empresas que se dedican a actividades similares y que compiten constantemente en la adquisición de contratos en diferentes ámbitos.

1.1 Antecedentes

La implementación de procesos cada vez más higiénicos y controlados en el ámbito de procesamiento de materias primas alimenticias ha tomado cada vez más fuerza en las regulaciones que ejercen los entes control territoriales, nacionales e internacionales. A lo largo de los años se han mejorado las técnicas y procesos de manufactura, brindando pautas que permiten mejorar la calidad higiénica de las instalaciones, incluidas las tuberías de transporte de materias primas alimenticias.

Desde el año 2014 la empresa FAISMON S.A.S., presta el servicio de fabricación y montaje de este tipo de tuberías para la Compañía Nacional de Chocolates S.A, desde entonces, la experiencia y las nuevas exigencias ha permitido la mejorar en los procesos de fabricación y montaje, pero aún se presentan errores debido a la persistencia de prácticas no estandarizadas. Con la finalidad de seguir mejorando la calidad de sus productos e instalaciones en el año 2023 se presenta la necesidad de generar un procedimiento que permita que todos los colaboradores de la compañía involucrados en el proceso de fabricación y montaje trabajen bajo el mismo estándar.

Actualmente se cuenta con el conocimiento técnico y empírico de los operarios encargados de los procesos de fabricación y montaje. Entre el personal se cuenta con conocimiento de tuberos, soldadores, paileros y auxiliares. Este personal tiene en gran medida un conocimiento adquirido con la experiencia, pero entre ellos no realizan los procedimientos de la misma manera, lo que genera algunas inconsistencias en el resultado.

Con la información anterior como antecedente, la práctica en modalidad de semestre de industria busca construir los documentos con lineamientos estandarizados con los procesos de fabricación y montaje de tubería sanitaria encamisada para el transporte de materia prima.

2 Justificación

En el contexto de la ingeniería colombiana, es indispensable generar la estandarización de procesos de fabricación ligados a estándares internacionales, con el fin de garantizar la calidad en los productos y ser cada vez más competitivos. Esto redundará no solo en la calidad del producto fabricado, sino en el costo de producción al reducir reprocesos de reparaciones o ajustes. Además, permite a las compañías desarrollar capacidades técnicas, las cuales permitan entender los fenómenos que determinan el resultado de la fabricación de un producto y competir con otras empresas a nivel nacional e internacional.

De esto se liga la necesidad de estandarizar los procesos de fabricación y montaje de tubería sanitaria encamisada que transporta materia prima alimenticia, la adquisición de la capacidad técnica y científica de la fabricación de este tipo de productos proporcionará una alta inocuidad de procesamiento de los productos dentro de las plantas alimenticias, abriendo la posibilidad de entrar en el mercado internacional, tanto por los productos alimenticios como la oferta de manufactura de alta calidad para las empresas extranjeras.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Homogenizar los procesos de fabricación y montaje de tubería sanitaria encamisada para el transporte de materia prima, en el sector de alimentos.

3.2 Objetivos específicos

- Tipificar las medidas de los elementos de unión de las líneas de tubería como lo son los codos y las T.
- Estandarizar los procesos de corte para garantizar las medidas requeridas en los planos.
- Uniformizar los procesos de soldadura, determinando de forma efectiva los diferentes parámetros a utilizar según las normas internacionales (AWS, ASME, etc.).
- Normalizar y reducir los tiempos de montaje para la fabricación de la tubería.
- Capacitar al personal técnico con el fin de eliminar mitos de fabricación y de esta manera trabajar bajo norma.

4 Marco teórico

La tubería sanitaria encamisada (TSE), es una innovación esencial en la industria alimentaria, pues se ha convertido en un componente fundamental para garantizar el transporte, integridad y seguridad de las materias primas que conforman la base de la producción de alimentos. Este marco teórico proporcionará una visión integral de los conceptos y teorías clave que respaldan el diseño, la fabricación y la funcionalidad de estas tuberías, destacando su papel crucial en la preservación de la calidad de los productos alimenticios.

Actualmente en la industria alimenticia se están desarrollando simultáneamente varias actividades tendientes a su modernización, en específico la fabricación de TSE para el transporte de materia prima.

Se ha observado una tendencia hacia el uso de materiales avanzados en la fabricación de tuberías sanitarias encamisadas. Esto incluye aceros inoxidable de alta calidad, polímeros de ingeniería y compuestos resistentes a la corrosión, que cumplen con las normativas alimentarias y ofrecen durabilidad. Asimismo, se muestra gran interés en la implementación de materiales antimicrobianos para revestir las tuberías encamisadas, reduciendo así el riesgo de contaminación microbiológica durante el transporte de materias primas.

Otro hito se relaciona con los diseños higiénicos como prioridad para evitar la acumulación de residuos y facilitar la limpieza, para lo cual las TSE están siendo diseñadas con geometrías que permiten un flujo eficiente y que son fácilmente accesibles para los procesos de limpieza in situ (ICP, *in situ cleaning process*). Las TSE deben ser diseñadas para adaptarse a una variedad de aplicaciones dentro de la industria alimentaria, lo cual involucra desde el transporte de líquidos viscosos hasta productos con partículas sólidas, permitiendo una mayor versatilidad en los procesos de producción.

La automatización de los procesos es otra componente novedosa en el sector; por ello, algunas TSE incorporan sensores y tecnologías de monitoreo para medir parámetros como la temperatura, presión y calidad del producto, lo que contribuye a un control más preciso y a la identificación temprana de problemas. En este mismo sentido, la tendencia hacia la automatización se ha visto influenciada por la implementación de conceptos de la Industria 4.0, donde sistemas inteligentes de control y monitoreo se integran para mejorar la eficiencia operativa y permitir la

toma de decisiones en tiempo real en el transporte de las materias primas para su transformación en alimento.

La industria ha puesto énfasis en cumplir con estándares y certificaciones internacionales relacionadas con la calidad alimentaria y la seguridad. Es por esto que las TSE están diseñadas y fabricadas siguiendo estándares como los establecidos por la Food and Drug Administration (FDA) en los Estados Unidos o la European Food Safety Authority (EFSA) en la Unión Europea.

Todos estos elementos también dependen de factores como la seguridad en la producción de alimentos, el flujo de las materias primas durante la producción, las propiedades de los materiales empleados, la fabricación de los tubos sanitarios, y los estándares que rigen algunos de los procesos de fabricación de los tubos sanitarios encamisados.

La industria de alimentos en Colombia

En el país el sector de alimentos y bebidas representa el 3% del PIB con una facturación de \$87,7 billones de pesos en el año 2023, donde el 0,6 % corresponde al sector choco-cacaotero. Además, para este sector se espera que alcance los \$133 mil millones de pesos en facturación para el año 2028. (Econexia, 2024).

El Grupo Nutresa es el conglomerado más grande de alimentos en Colombia, además de hacer presencia en múltiples países de América, Asia y África, donde su actividad económica es la transformación de materias primas en productos alimenticios empacados para el consumo humano. De sus ventas totales, el 14,9% atañen al sector de los chocolates, lo cual en cifras son \$2,81 billones de pesos, con \$1,58 billones generados solo en Colombia, siendo la cuarta unidad de negocio que más ventas represento en el año 2022. (Nutresa, 2024).

Esta industria requiere para la manufactura de sus productos materias primas como lo son la pasta de cacao, manteca de cacao, leche, azúcar, frutos secos, frutas, etc. Para la correcta transformación de estos insumos, se deben realizar diferentes procesos como la molienda, mezcla, pasteurización, atemperación, inyección, refrigeración, etc., que a su vez requiere del transporte efectivo garantizando la inocuidad de estas materias primas. Un ejemplo de un sistema de transformación de materias primas en alimentos se presenta en la Figura 1. En esta se destacan las TSE (rojo), la máquina para el procesamiento de los insumos (amarillo) y la banda transportadora del producto (verde).

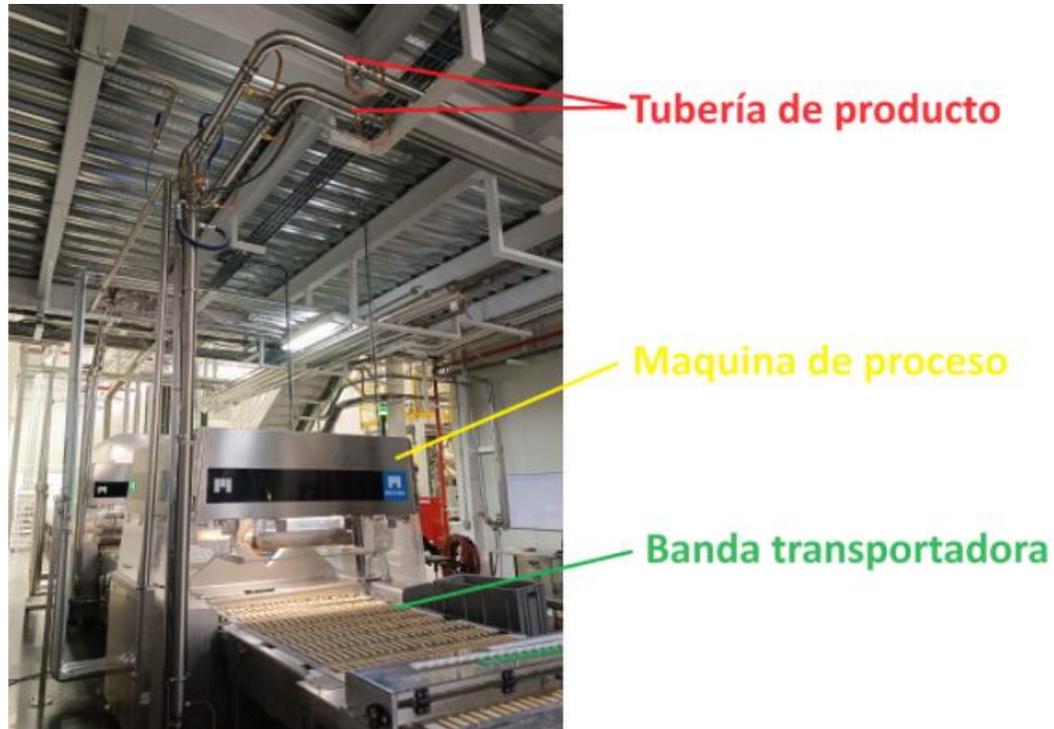


Figura 1. Elementos de un proceso productivo en la Compañía Nacional de Chocolates.

Foto concedida por la compañía.

Propiedades de los materiales y diseño higiénico para la seguridad alimentaria

Las teorías de la dinámica de fluidos y la ingeniería de transporte respaldan la eficiencia del flujo de materias primas a través de las tuberías encamisadas. El diseño de estas tuberías se basa en principios que optimizan el transporte sin generar pérdidas significativas de presión, asegurando así un movimiento fluido y eficiente de los ingredientes alimenticios. (Dixon S. L. & Hall C. A, 2013)

Ahora, fenómenos relativos a la microbiología alimentaria respalda la necesidad de evitar la contaminación cruzada y la proliferación de microorganismos, y las tuberías encamisadas proporcionan una barrera eficaz para prevenir estos riesgos (Doyle M. P. & Buchanan R. L. (EDS.), 2013). El principal fundamento detrás de la implementación de tuberías sanitarias encamisadas reside en la prioridad de mantener altos estándares de higiene y seguridad alimentaria.

Desde el punto de vista de la ingeniería de materiales, las propiedades específicas de los materiales utilizados en las tuberías encamisadas juegan un papel esencial. Teorías de la resistencia de materiales y la corrosión guían la selección de materiales que son duraderos, resistentes a la corrosión y, al mismo tiempo, compatibles con las normativas alimentarias. El diseño higiénico,

influenciado por la teoría de diseño sanitario, se centra en aspectos como la fácil limpieza y el mantenimiento, reduciendo así la posibilidad de acumulación de residuos y microorganismos patógenos (Callister W. D. & Rethwisch D.G, 2018).

Existen diferentes tipos de tuberías que se emplean en los procesos industriales, como PVC (cloruro de polivinilo), cobre, acero al carbón, acero inoxidable, etc., siendo este último el más empleado en la industria alimenticia debido a sus altos requerimientos de inocuidad. Dentro de las tuberías de acero inoxidable existen diferentes tipos, de las cuales se encuentra la que tiene denominación de grado sanitario, las que posee cualidades especiales como su alta resistencia a la corrosión, y su acabado superficial el cual es de 0,8 μm a 1,6 μm de rugosidad; esto con el fin de evitar acumulación de producto que pueda generar un foco de proliferación de bacterias. Estos requerimientos se derivan de las normativas constituidas para las empresas alimenticias, donde se establece que las tuberías de transporte de alimentos o materias primas deben de ser fabricadas en materiales que eviten la contaminación de los alimentos, su fácil limpieza y desinfección (Ministerio de Salud, 2013).

Al tener diferentes tipos de materias primas en el sector alimenticio, se presentan ciertas dificultades en el transporte, principalmente la fluidez de ciertos productos como la manteca de cacao o la pasta de cacao, las cuales a temperatura ambiente presentan alta viscosidad. Esto impide el correcto transporte de éstas, por lo que se emplean recubrimientos por donde fluye agua caliente, transfiriendo calor a la materia prima, disminuyendo la viscosidad y aumentando la fluidez. A partir de esta solución se establece el termino de tubería encaquetada o encamisada.

Además de los requerimientos y dificultades mencionados, otra demanda, ligada a la Resolución 2674 (Ministerio de Salud, 2013), es tener en cuenta durante el diseño e instalación de estas tuberías, su facilidad para desmontaje y limpieza. Para esto se emplean diferentes tipos de uniones y accesorios como codos, tuberías en T en Y, además bridas, uniones universales, etc. Esta última es la más empleada por su facilidad de montaje y desmontaje para realizar operaciones de limpieza y mantenimiento. Al unir las diferentes partes que conforman una TSE se obtiene una a la estructura semejante a la presentada en la Figura 2.

Como se puede apreciar en la Figura 2, se tienen diferentes elementos que componen una tubería encamisada para el transporte de materia prima, todos los elementos aquí empleados son de grado sanitario, la tubería interna transporta la materia prima y por la tubería externa se

transporta el agua caliente, además este diseño de tubería es de un alto estándar higiénico por la calidad de sus componentes y procedimientos de manufactura.

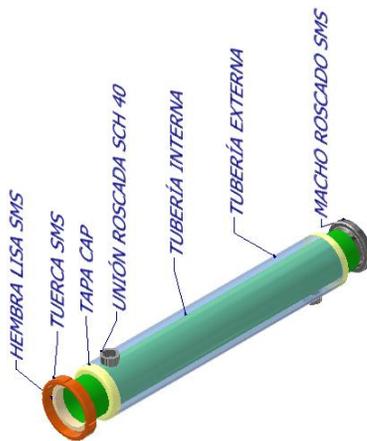


Figura 2. Elementos de una tubería encamisada sanitaria.

Fabricación de los tubos sanitarios encamisados

Teniendo lo anterior como referencia, es de suma importancia seleccionar los siguientes aspectos para tener en cuenta en la correcta fabricación de la tubería sanitaria:

- Material de la tubería a fabricar,
- proceso de unión a usar,
- procesos necesarios luego del proceso de unión,
- pruebas END para garantizar la calidad del producto,
- normas referentes al uso de estos elementos.

Como se mencionó anteriormente, el tipo de tubería empleada para el transporte de materias primas alimenticias tiene unos altos requisitos de salubridad, esto se puede ver evidenciado en clasificación la cual es ASTM A270 grado 304 y 304L la cual es de bajo porcentaje de carbono como se puede apreciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Composición química en %								
Grado	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
304	< 0.08	< 1.00	< 2.00	< 0.045	< 0.030	18.0-20.0	8.0 - 10.5	
304 L	< 0.035	< 1.00	< 2.00	< 0.045	< 0.030	18.0-20.0	8.0 - 13.0	

Tabla 1. Composición química del acero ASTM A270 grado 304.

(Proveedor, 2019 - 2022)

Al tener definidos los materiales a emplear en los TSE, se puede proceder con los procesos de manufactura adecuados, los cuales se reducen a tres familias: corte, doblado y unión.

El proceso de corte se emplea para obtener las dimensiones deseadas de un elemento, en este caso es la longitud de los tramos de tubería. Este punto presenta diferentes grados de precisión dependiendo de las características requeridas desde el diseño y las herramientas utilizadas. Existen diferentes opciones como lo son el corte manual con sierra o pulidora, corte semiautomático con sierras de banco y corte automático por control numérico como cortadoras laser CNC. (Kalpakjian S. & Schmid S.R, 2017)

El doblado es un proceso empleado cuando se requiere cambiar la dirección de una tubería, en la mayoría de las ocasiones esta necesidad puede suplirse con el uso de accesorios estándar como codos y semi codos. Para necesidades especiales para el cambio en dirección de la tubería se emplea doblado, el cual puede ser realizado por medio de dobladoras o roladoras manuales y automáticas. (Kalpakjian S. & Schmid S.R, Manufactura, Ingeniería y Tecnología (7 ed.), 2014)

Los procesos de unión son métodos que se emplean para realizar el ensamblaje permanente entre dos o más elementos, en este caso entre dos tramos de tubería. Existen diferentes métodos y procesos de unión como las uniones mecánicas, los adhesivos, la soldadura. Para el caso específico de la tubería el principal proceso de unión es la soldadura, los más usuales son SMAW (Shielded Metal Arc Welding), GMAW (Gas Metal Arc Welding) y GTAW (Gas Tungsten Arc Welding), siendo este último el más utilizado en la unión de tubería sanitaria. También son empleadas las uniones mecánicas, las cuales en el caso de este tipo de tubería son por medio de uniones universales SMS (Standard Mechanical Seal), como se puede observar en la Figura 3.

Regulaciones y normativas para la fabricación y estandarización de tubería.

Las teorías legales y de estándares industriales son esenciales para comprender cómo las tuberías deben cumplir con requisitos específicos para garantizar la conformidad con las leyes de seguridad alimentaria y estándares de calidad, la norma ISO 22000 es un estándar internacional que especifica los requisitos para un sistema de gestión de la seguridad alimentaria, proporcionando un marco para que las organizaciones controlen los riesgos relacionados con la seguridad alimentaria y garanticen la inocuidad de los alimentos a lo largo de toda la cadena de suministro. (International Organization for Standardization (ISO), 2018).

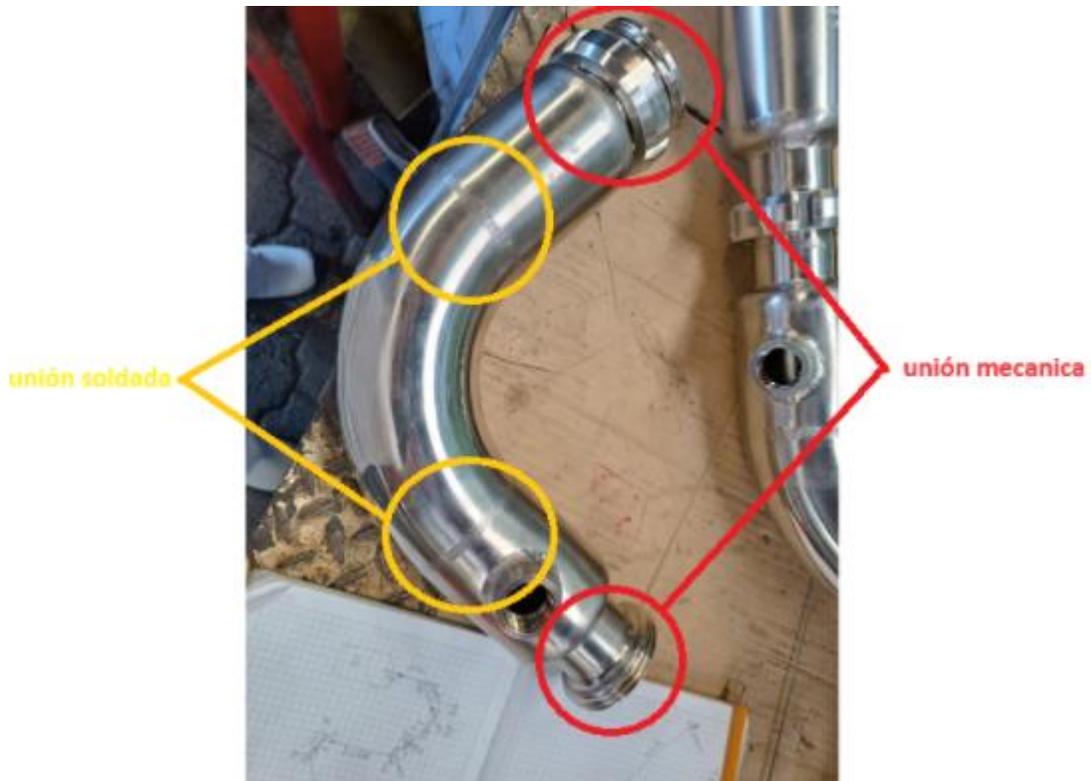


Figura 3. Uniones soldadas y uniones mecánicas de tubería sanitaria encamisada.

La fabricación y montaje de tubería sanitaria encamisada para el transporte de materia prima alimenticia cuenta con una serie de códigos los cuales indican como debe ser cada parte del proceso de fabricación. Dependiendo de cada etapa existen diferentes normas de fabricación y aceptación de resultados, pero no se cuenta con un documento que relacione todo el contenido que esta descrito en todos los estándares. Los siguientes son estándares para cada etapa del proceso:

- La soldadura de los diferentes tramos de tubería y accesorios de acero inoxidable está regida por el estándar AWS D1.6 (American Welding Society, 2017 3er. Ed.) y los criterios de aceptación de soldaduras para aplicaciones sanitarias, que en este caso corresponde al grado alimenticio está regido por el estándar AWS D1.8 (American Welding Society, 2009 2nd. Ed.).
- La instalación de la tubería está determinada por el código MSS SP-58 (Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry. INC [MSS], 2009), este estándar guía la selección del material, tipo de soporte y distancias a las que se deben utilizar soportes dependiendo de los tipos de tuberías, fluido transportado y diámetros.

- Además, el código ASME - BPVC - 9 (American Society of Mechanical Engineers [ASME], 2015), da información adicional sobre los requerimientos de recipientes a presión como tuberías y calderas, como diseños de soldadura y materiales de selección.

El proceso de estandarización de un proceso, en este caso de tuberías, parte del diseño eficiente de los diferentes tipos de tuberías, teniendo presentes las dimensiones de cada accesorio y definir cuáles deben ser los tamaños de los tramos que se cortan, posteriormente se debe estandarizar el procedimiento de unión, en este caso soldadura, donde se deben determinar todas las variables del proceso, finalmente se debe definir cuáles son las distancias de soporte, además de los tipos de soportes que se deben emplear, todo esto ligado de los estándares mencionados anteriormente.

5 Metodología

Según lo descrito anteriormente, se procederá a realizar el estudio, diseño, estandarización, selección de procesos de fabricación y análisis de resultados. La descripción de las distintas etapas del proceso se presenta a continuación.

5.1 Estudio de la necesidad y del proceso actual

Inicialmente se plantea un estudio de la necesidad por parte de la empresa contratante para la fabricación la tubería. En este caso se trata de la Compañía Nacional de Chocolates, con sede en Rionegro. Para ello se deben tener en cuenta los requerimientos del grupo de diseño, quien define las características para iniciar el proceso de fabricación, como la geometría de los elementos y el material a ser empleado.

Es importante aclarar que la empresa FAISMON S.A.S. solo es responsable por la fabricación y montaje de la tubería, lo que implica que no realiza el diseño y cálculos de pérdidas, caudales, presiones y demás variables del proceso de transporte y producción de los alimentos allí procesados, por esto, esta propuesta se centra en la fabricación de dicha tubería, cumpliendo con los requerimientos dispuestos por el grupo de ingeniería de la Compañía Nacional de Chocolates.

Se analizará cuales son los puntos críticos en cada parte del proceso de fabricación y montaje de la tubería mencionada, esto con el fin de determinar que modificaciones al proceso actual pueden aplicarse para mejorar y tecnificar dicho proceso; esto va desde las dimensiones de la tubería que llega, el proceso de corte, soldadura, montaje y demás pasos que se logren identificar en el proceso.

5.2 Estandarización de medidas y construcción de planos parametrizados

Una vez suministrada la información relativa a las características de los tubos a ser manufacturados, se procederá a generar una estandarización de las dimensiones de los diferentes tipos de tuberías a utilizar en la obra, con el fin de mejorar la precisión y disminuir los tiempos de instalación en planta. Seguidamente, se procederá a construir los planos de diseño de los elementos, además de los planos de fabricación por soldadura, con la guía de manufactura. En este documento se describirá paso a paso como se deben ser cortados los tramos de tubería, y en qué orden ensamblar para la soldadura, y así unificar el procedimiento de fabricación.

Para lograr que el proceso de fabricación de distintas tuberías cambie según las especificaciones suministradas por los clientes, se procederá a parametrizar los modelos digitales de los elementos de los tubos, empleando un software CAD. Así se podrán validar las diferentes longitudes y diámetros que se utilizan en la construcción de las tuberías, de manera que al cambiar las dimensiones el diseño CAD se actualice y adopte las medidas dependiendo del requerimiento, brindando así agilidad en el proceso de diseño de las redes de tubería y sus respectivos planos.

NOTA: Es de aclarar que este proceso de estandarización se llevara a cabo teniendo en cuenta que los accesorios que conforman la tubería siempre tengan las mismas dimensiones dependiendo de sus diámetros y que la única variable que cambiara dependiendo de los requerimientos serán los tramos de tubería recta que se requieran para los diferentes tipos de tubería, de lo contrario se requiere un análisis más detallado en este aspecto de diseño el cual no podrá ser abordado en esta investigación por el tamaño de su alcance, sin embargo servirá como guía base para una futura investigación.

5.3 Estandarización de los procesos de fabricación

Luego de definir y parametrizar las dimensiones de los elementos constitutivos de las tuberías sanitarias, se procederá ordenar y uniformizar los procesos de fabricación con el fin de estandarizar la forma de ejecutarlos, con el ánimo de alcanzar la precisión dimensional establecida sobre planos, disminuir los defectos de fabricación, facilitar el proceso de montaje en planta y reducir los tiempos y costos de producción. Los procesos, y la forma como serán intervenidos, son:

Proceso de corte: Se analizará los procesos empleados para el corte de la tubería, además de los elementos accesorios empleados para realizar la operación. Con base en esto se determinará los mecanismos que serán empleados para fijar los elementos y realizar cortes iguales, a modo de garantizar las dimensiones solicitadas desde el diseño; se analizara si el método actual es adecuado y que aspectos pueden ser mejorados, teniendo también en cuenta las operaciones posteriores de fabricación.

Proceso de unión y evaluación de las soldaduras: Se analizarán los procesos utilizados para la unión por soldadura de los diferentes tramos de tubería. A partir de esto se construirán pautas para la aplicación de las soldaduras, donde serán establecidos los parámetros que emplearán los soldadores. Cabe señalar que la compañía en la actualidad emplea el proceso de soldadura por arco de tungsteno con gas de protección (Gas Tungsten Arc Welding, GTAW), de forma autógena y

con aporte. Para este proceso algunos de los parámetros a definir son el amperaje, el voltaje, gas de protección y de purga, caudal de gas de protección, tipo y diámetro de electrodo usado. Algunas de las variables serán definidas con base en el estándar AWS y recomendaciones de la ASME. Durante el análisis y desarrollo de este proyecto se determinara si es posible o no llegar a obtener un WPS (Welding Procedure Specification), el cual es un proceso precalificado para la aplicación de soldadura que sigue los lineamientos de la AWS, de no ser posible obtener un WPS se realizara una guía de soldadura ajustado a los requerimientos específicos para la tubería de acero inoxidable, todo esto ligado de las recomendaciones dadas por la AWS; inicialmente se analizara la tubería sanitaria encamisada para el transporte de materias primas pero si cabe la posibilidad de encontrar información de otros tipos de tubería, también se realizara este análisis.

Proceso de montaje: Luego de tener un proceso uniforme de fabricación, donde para este apartado la principal característica necesaria son las dimensiones estándar de los distintos tipos de tuberías, se procederá a generar un procedimiento de montaje, el cual ayude junto con el proceso de fabricación estandarizado a reducir los tiempos a la hora de realizar el montaje y disminuir la cantidad de reprocesos; todo esto, con el fin de generar un proceso más eficiente y eficaz. Se determinará además bajo normativas internacionales, cuales deben ser los soportes empleados, cada cuanto se deben instalar y demás información que permita generar un correcto montaje de la tubería fabricada.

5.4 Capacitación del personal

Luego de uniformizar el proceso de diseño, fabricación y montaje de las tuberías sanitarias, se realizará la capacitación al personal técnico involucrado en las distintas etapas. En esta se explicará tanto el objetivo, documentos y elementos construidos para el del proceso de homogeneización, además de la puesta en marcha de cada una de las etapas y la evaluación de los resultados, además de socializar la información recopilada en este proyecto, se atenderán a las retroalimentaciones que pueda brindar el personal técnico el cual con su experiencia puede realizar un valioso aporte al desarrollo de esta investigación.

6 Resultados y discusión

Luego de realizar todos los pasos enumerados y descritos en la metodología, se obtienen los siguientes resultados para cada uno de los apartados requeridos.

6.1 Estudio de la necesidad

En el marco del proceso de fabricación y montaje de tubería sanitaria encamisada, se logró identificar los siguientes aspectos importantes los cuales son los responsables directos del resultado final del producto:

- Las tuberías vienen de un tamaño entre 5,8 a 6 metros de longitud, esto depende del proveedor y del fabricante de la tubería. Esto no presenta un reto en el proceso de estandarización, donde se ve más reflejado su impacto es en la tubería recta, la cual tendrá una variación en su longitud final para no desperdiciar material.

- Los requerimientos del grupo de diseño son en general las especificaciones del material empleado, el ASTM A270 grado 304 sin costura. Además, se exige una prueba hidrostática a 200 PSI. Finalmente se requiere que cada nueve (9) puentes de calefacción se retorne el agua caliente y en el próxima se brinde suministro, esto es llamado sectorización. En general estos son los requerimientos generales brindados por el grupo de diseño.

- Los procesos por los cuales pasan los diferentes tipos de tubería son en su orden: corte, soldadura, limpieza (decapado y pasivado), prueba hidrostática y finalmente la instalación en campo. Se analizo que los puntos a los que se pueden generar una intervención son el proceso de corte, soldadura y la instalación en campo, puesto que el proceso de limpieza (decapado y pasivado), y la prueba hidrostática están bien ejecutadas y no requieren ninguna modificación pues su resultado corresponde a los requerimientos.

Con el fin de estandarizar los procesos de fabricación y montaje de este tipo de tuberías encamisadas para el transporte de materias primas se tiene lo siguiente:

- La tubería empleada es sanitaria ASTM A270 TP 304 con espesores de 1,5 a 2 mm.
- Los diámetros de tubería que se emplean son 2", 2 ½", 3" y 4".
- Las tuberías encamisadas son de 4" en 3", de 4" en 2 ½" y de 3" en 2".

- La conexión entre los diferentes tipos de tubería es mediante unión universal (SMS).
- La tubería que está en contacto con el producto no puede soldarse con aporte, es decir, debe de aplicarse soldadura autógena.
- En este tipo de tubería no puede ser empleado ningún soporte que se deba soldar a la tubería.

Teniendo esta información en consideración se procede a realizar el proceso de estandarización de cada uno de los diferentes tipos de tubería que requieren una definición de las dimensiones, las cuales en este caso son las Tees y los codos.

Tipificación de las medidas de los codos y las T

Para iniciar con el proceso de estandarización de las medidas de cada uno de los elementos mencionados, se debe tener en cuenta cada uno de sus componentes y las dimensiones de los accesorios utilizados: codos, semi codos, caps, uniones universales SMS, Tees, etc.

En la fabricación de este tipo de tuberías estándar se cuenta con un procedimiento muy artesanal y poco controlado. Los técnicos realizan la operación con base en su experiencia y costumbre. No se cuentan con medidas estándar, ni se logran obtener codos ni Tees con las mismas dimensiones en casi ninguna ocasión.

Con el fin de reducir ese nivel de incertidumbre, se realiza una estandarización de medidas con ayuda del software autodesk inventor, donde se ingresan las dimensiones de los codos, semi codos, caps, Tees internas y externas, los cuales son traídos de fábrica con medidas específicas.

6.2 Estandarización de medidas y planos parametrizado

Dimensiones de un codo estándar

La *Figura 4*, presenta la estructura de un codo estándar y cuáles son sus respectivas partes, las cuales se pueden apreciar por las diferencias de colores en sus elementos.

Para el caso del codo estándar, vienen de fabrica los dos semi codos internos (blanco), el codo exterior (transparente), las dos tapa caps que unen la tubería externa con la interna (amarillo), y finalmente las uniones roscadas (gris). Los dos elementos de color verde y los dos de color azul son los que se deben estandarizar, estos se obtienen de un tubo recto de tubería dependiendo del requerimiento respectivamente a su diámetro.

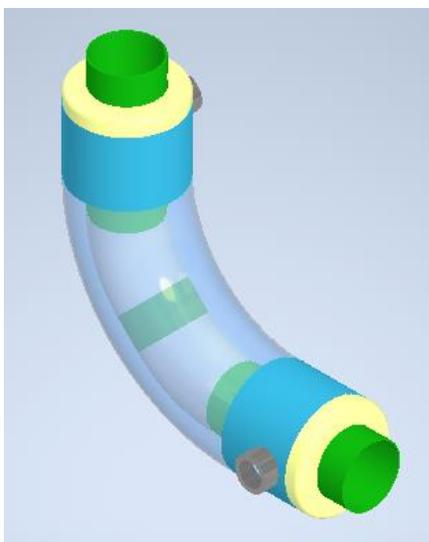


Figura 4. Estructura de un codo estándar.

Teniendo esto en cuenta, se procede a medir el avance de los codos, como se presenta en la Figura 5, teniendo en cuenta los diferentes diámetros y que un semi codo es un codo dividido en dos (45°). La Tabla 2 muestra cuales son los avances de cada codo para posteriormente hacer el tratamiento matemático necesario para estandarizar la medida.

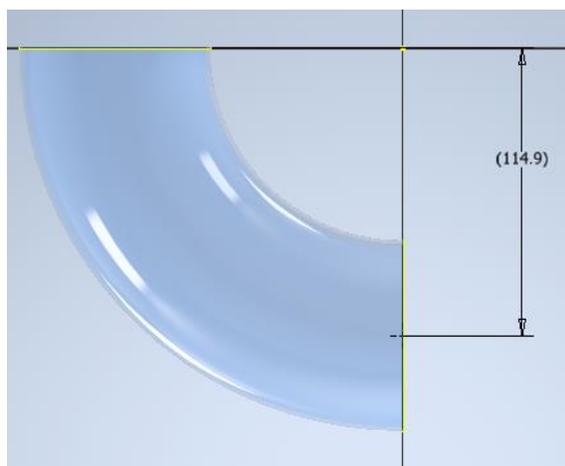


Figura 5. Avance de un codo.

Avances de codos estándar de fábrica	
Diámetro	Avance
2 in	76,6 mm
2 1/2 in	96,25 mm
3 in	114,9 mm
4 in	153,2 mm

Tabla 2. Avances de codos estándar de fábrica.

Luego de ingresar las medidas y se digitaliza en el software, lo que cambian de dimensión dependiendo el diámetro a utilizar. Se procede a determinar la longitud del denominado niple central que une los dos semi codos; esta longitud de tubería es de suma importancia, debido a que esta es la que permite que el flujo de la materia prima y de la calefacción externa estén centrados.

Esto evita que se generen esfuerzos adicionales sobre la tubería en operación. Para ello, se realiza un análisis geométrico con las dimensiones de los codos y semi codos de los diferentes diámetros de tubería fabricados. En la Figura 6 se muestra cual fue el análisis realizado, donde se tiene como trayectoria del codo externo el círculo central de color rojo y como trayectoria de los semi codos el color verde y azul, la dimensión del niple se determina por la sección de color negro para cada configuración respectivamente.

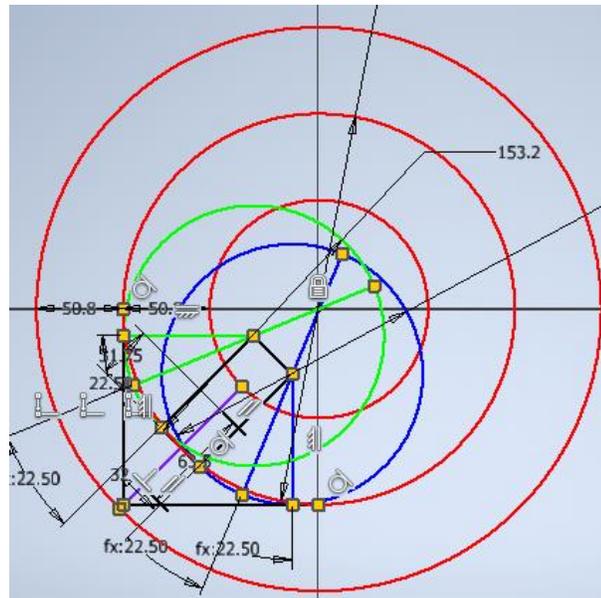


Figura 6. Desarrollo geométrico para verificar dimensión del niple.

La Tabla 3 muestra cuales son las dimensiones del niple que se obtuvieron dependiendo de los diámetros de tubería empleados en la fabricación.

Diámetro tubería interna	Longitud del niple central
2 in	30 mm
2 ½ in	50 mm
3 in	32 mm

Tabla 3. Dimensiones del niple central que une los 2 semi codos.

Con esta información es posible determinar el avance del conjunto semi codos-niple. Además, teniendo en cuenta que el cliente requiere que el cuello que queda sin calefacción debe ser de 20 a 25 mm, es posible determinar las dimensiones faltantes de los tramos de tubería recta

que se deben cortar que corresponden a la tubería interna y externa, como se puede observar en la Figura 4, con los dos tramos internos (verde) y los dos tramos externos (azul).

Para estandarizar las medidas dependiendo de los diámetros a utilizar se empleó una parametrización del software Autodesk Inventor con Excel, donde por medio de sistemas de ecuaciones de grado 2 y 3, se debe obtener el valor determinado para cada tramo y accesorio de tubería.

El resultado final se puede observar en la Figura 7. Allí se muestran cuáles deben ser las dimensiones de la tubería que se debe cortar. Estas dimensiones cumplen con los requerimientos del grupo de diseño en sus diferentes especificaciones incluyendo la longitud de 20 mm que se debe dejar para la fácil instalación de la unión universal SMS, este y los demás planos de fabricación de las diferentes configuraciones de diámetros se pueden observar en Anexo 1.

Además de generar los planos de fabricación, se construyó un documento con el paso a paso del proceso de manufactura, donde se describe que elementos se deben cortar, que dimensiones deben determinar, como se deben ir realizando el ensamble y la soldadura y finalmente, con que dimensiones debe de quedar el codo al terminarse la fabricación. Este documento se puede encontrar en el Anexo 2. Es de anotar que este instructivo es el mismo para cualquier codo estándar sin importar su configuración de diámetros internos y externos.

Nota: Existen ocasiones en que las condiciones de diseño implican el uso de codos especiales, estos son los que tienen uno o ambos tramos rectos de diferente tamaño al estándar, simplemente se debe aumentar la longitud de los tramos de tubería recta interna y externa proporcionalmente para cumplir la medida requerida, dejando siempre la dimensión del niple central sin modificaciones.

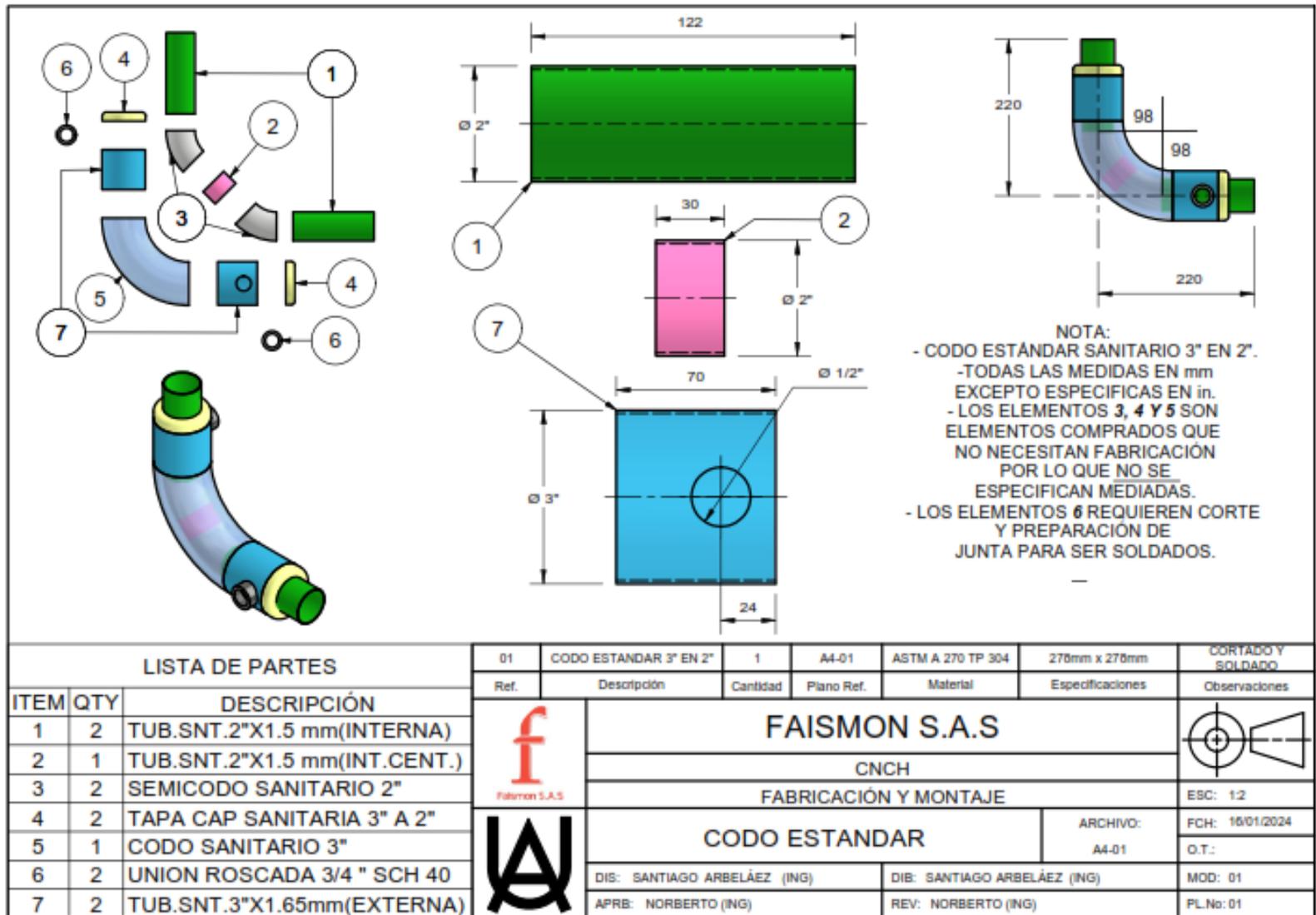


Figura 7. Plano estandarizado para la fabricación de un codo estándar de 3" en 2".

Dimensiones de una Tee estándar

La tubería en T (Figura 8) es un tipo de elemento, empleado para unir o desviar un flujo de materia, dando la posibilidad de enviar o recibir la materia prima por diferentes canales. Al igual que las tuberías anteriores, se conectan con uniones universales SMS de otras tuberías y accesorios.

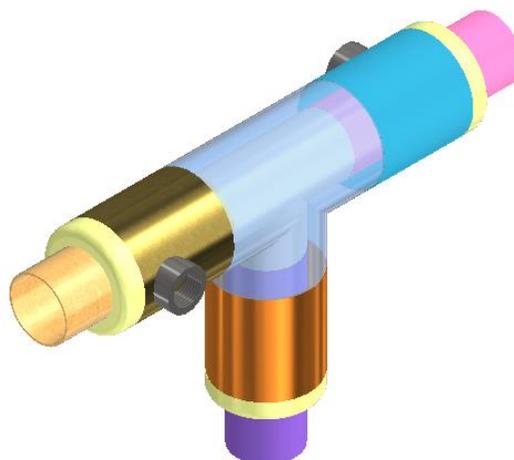


Figura 8. Estructura de una tubería en Tee estándar.

La fabricación de esta es muy artesanal: primero se corta el niple central de la tubería en T interna, para que pueda ingresar a la tubería en T externa; luego se corta el niple central de la T externa de modo que se pueda soldar la tubería interna central con la T interna; luego se procede a ensamblar la T para que adopte la forma que se ve en la Figura 8.

Este tipo de tubería no requiere ningún planteamiento geométrico debido a que solo se tiene la interacción entre dos elementos para que el flujo sea centrado. Además, las tapas caps se encargan de centrar la tubería en su totalidad, el avance de cada extremo está determinado por la longitud de la tubería interna, de igual manera que en los codos estándar se debe dejar un cuello de 20 mm sin camisa para la instalación de los accesorios de unión universal SMS. El resultado de la Tee estándar se puede observar en la Figura 9.

De igual manera que en el análisis para el codo estándar, se presentan las dimensiones de los elementos que deben ser cortados cumpliendo de igual manera con los requerimientos del grupo de diseño, este y los demás planos dependiendo de su configuración de diámetros se muestran en el Anexo 1. El instructivo de fabricación de la tubería en Tee con su paso a paso de corte, soldadura y ensamblaje, se muestra en el Anexo 2, este documento comprende la manufactura de las diferentes configuraciones dependiendo de la configuración de sus diámetros.

Nota: En este caso se presenta la misma situación que con los codos estándar, si el diseño lo requiere, cualquiera de sus 3 extremos puede ser alargado proporcionalmente en su tubería recta interna y externa para cumplir con la distancia requerida.

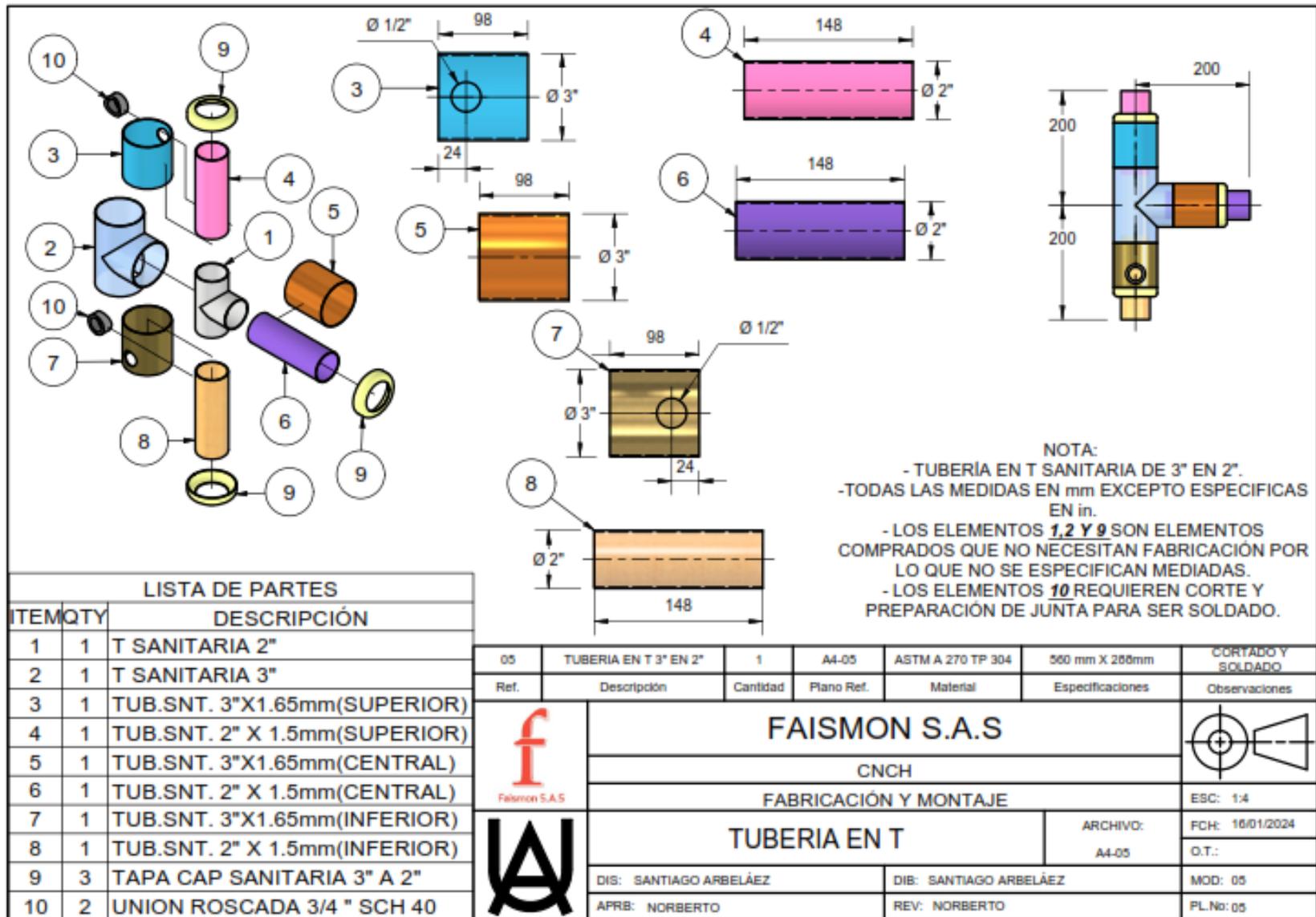


Figura 9. Plano estandarizado para la fabricación de una Tee de 3" en 2".

Dimensiones de una tubería recta estándar

Este tipo de tubería se emplea para transportar la materia de un lugar a otro, en un solo sentido, y sin desviar su dirección. Al igual que los dos tipos de tubería mencionados anteriormente se emplea unión universal SMS para el fácil acople entre redes de tuberías, la estructura de esta se puede observar en la Figura 10.

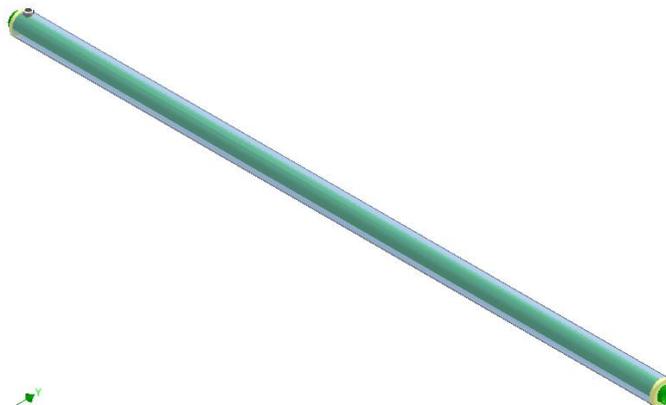


Figura 10. Estructura de una tubería recta estándar.

Esta tubería la más simple de fabricar, lo que permite que no se requiera un análisis complejo para su elaboración. El resultado de esta estandarización se muestra en la Figura 11.

Al igual que las tuberías anteriores respeta las especificaciones del grupo de diseño y contiene los 20 mm sin encamisar para la instalación de unión universal SMS, este plano sirve para todas las configuraciones de tubería que se puedan tener, el Anexo 1 contiene el plano estandarizado. La guía de fabricación de la tubería recta está contenida en el Anexo 2, allí se dan las dimensiones de los elementos que requieren ser cortados y su respectivo paso a paso de ensamblaje.

Nota: Todas las tuberías que se diseñaron con sus respectivos planos pueden ser adaptadas a diferentes medidas, solo se presentan las tuberías estándar en este documento, pero si es necesario se pueden entregar planos dependiendo de los requerimientos que se tengan, esto gracias a que ya se tiene un modelo digitalizado para este objetivo.

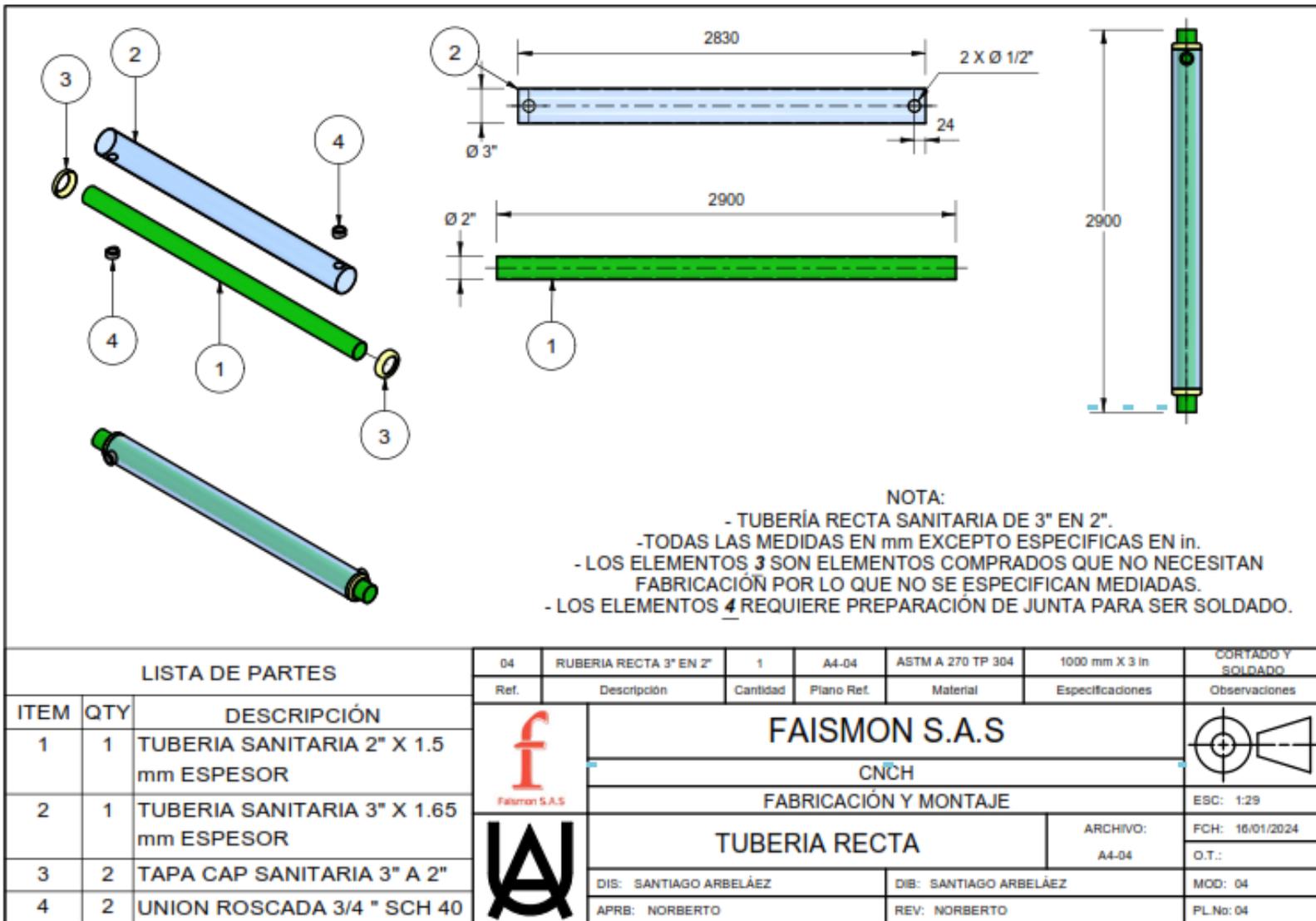


Figura 11. Plano estandarizado para la fabricación de una tubería recta de 3" en 2".

6.3 Procesos de fabricación

6.3.1 Proceso de corte

El proceso de corte es un paso que se realiza con el fin de disminuir el tamaño de la tubería, dependiendo de lo solicitado o requerido para la instalación, debido a que la tubería normalmente viene en presentación de 5,8 - 6 m de largo. El resultado es una tubería del tamaño solicitado, tanto para tramos largos o niples para codos o curvas en S. Actualmente el proceso se realiza de manera muy manual, se corta la tubería con pulidora en un banco de sujeción manual con cadena que prensa la tubería, como se muestra en la Figura 12.



Figura 12. Proceso de corte utilizado actualmente.

Esta forma de realizar el proceso no es la más adecuada, debido a la baja productividad, factibilidad de accidentalidad y baja precisión en los cortes, lo cual requiere procedimientos posteriores para dejar esta tubería recta y en óptimas condiciones para el siguiente paso que es la soldadura.

La solución ideal es emplear una máquina que permita garantizar el corte preciso y recto. Pero, por el reducido espacio dispuesto por la Compañía Nacional de Chocolates para las labores de fabricación es imposible tener una máquina de grandes dimensiones. Además, el costo de adquisición, operación y mantenimiento de una máquina, lo hace inviable. Por esto se procede a proponer una solución diferente, considerando los lineamientos aplicados de los diferentes cursos de diseño, luego de tener claras las necesidades, se inicia con un diseño conceptual, posteriormente

con el diseño detallado y la ejecución. El resultado final del diseño adaptado al lugar de trabajo se puede observar en la Figura 13, el cual consiste en una tronzadora comercial estándar para realizar el corte de la tubería, dos prensas niveladas para garantizar la perpendicularidad del corte y una mesa adecuada al espacio para instalar todos los elementos del diseño, es importante mencionar que por parte del equipo técnico del taller se tuvo un consejo sobre la calidad que podría llegar a tener la tronzadora, por este motivo de ser necesario, se puede implementar un par de guías para que el disco de la tronzadora no genere cortes inclinados.

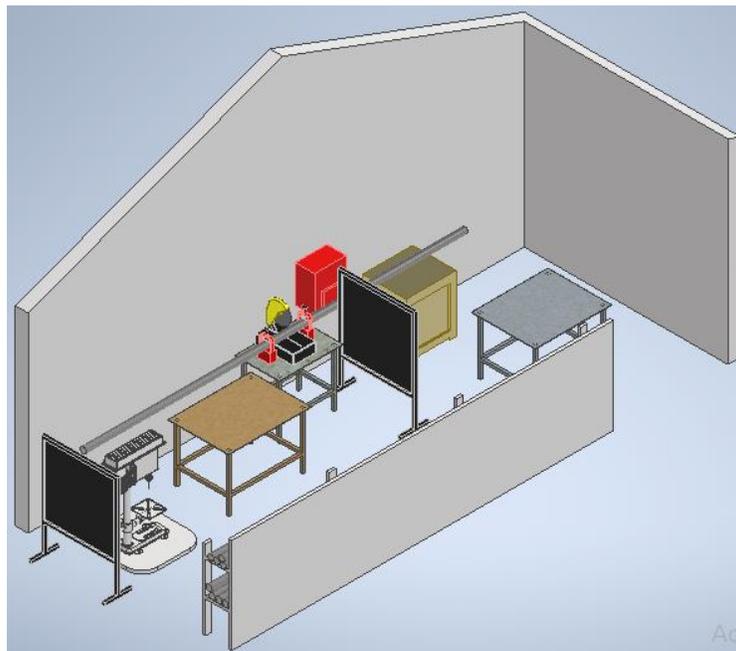


Figura 13. Diseño final de la mesa para cortar tubería adaptado al lugar de trabajo.

Nota: Actualmente se está esperando la implementación del diseño debido a cambios en los puestos de trabajo de algunos de los colaboradores de la empresa lo cual modificaría el lugar donde se implementaría la propuesta de diseño.

6.3.2 Estandarización de los procesos de soldadura bajo las normas internacionales.

6.3.2.1 Tubería sanitaria sin costura (*seamless*)

El proceso de unión (proceso de soldadura), es un paso indispensable y de suma importancia en el proceso de fabricación de todos los tipos de tubería, que se manejan dentro de la empresa y que requiere el cliente. Por lo anteriormente, se genera la necesidad de estandarizar este proceso

con el fin de garantizar la calidad del producto. Esto conlleva el estudio y caracterización de proceso de soldadura aplicado actualmente en este tipo de tuberías.

El primer paso para generar una estandarización de los procesos de unión es identificar que material se utiliza para la fabricación de la tubería, los diámetros y espesores empleados, la composición química, el tipo de soldadura a emplear, los consumibles empleados, el tipo de juntas y la preparación de la junta que se realiza. El proceso empleado actualmente es GTAW, donde los parámetros empleados actualmente son:

- Tipo de soldadura empleada: GTAW.
- Gas protección: Ar 99,9%, 17 L/min.
- Gas de purga interna: N2 99%, 30 L/min.
- Tipos de junta:

Para los procesos de unión de la tubería se lograron identificar dos tipos de junta.

- Junta a tope.
- Junta en T.

Preparación de la junta: No se realiza ninguna preparación de junta, solo se deja la unión a soldar lo más perpendicular posible en la junta a tope, en las juntas en esquina se prepara el elemento si es necesario para que se adapte a la tubería.

Parámetros usados actualmente:

- Amperaje: 45 A – 55 A.
- Tungsteno: punta azul de 3/32 “, 30° de afilado.

Teniendo esta información, se da inicio al proceso de construir una guía de soldadura para estos dos tipos de junta. Para ello serán tenidas en cuenta las consideraciones establecidas en el estándar AWS D1.6 para la soldadura de acero inoxidable estructural, en combinación con los criterios de aceptación de la AWS D18.1 para tubería de grado sanitario y junto los requerimientos de la AMSE sección IX y ASME BPE. Esto permite tener un análisis integral sobre este procedimiento que se quiere establecer, en el camino se determinará si es posible convertirla en un WPS precalificado.

Definición del problema

- Se desea ejecutar la soldadura para dos tuberías de acero inoxidable ASTM A270 grado 304 de espesor 1,65 mm a 2 mm, realizado por el proceso de soldadura GTAW, junta a tope, sin

preparación de junta y penetración completa (CJP) (Figura 14a), sin aporte de material (autógena), la cual se debe realizar para cualquier posición (5G), además de soportar cargas a tracción.

- Se desea ejecutar la soldadura de filete de dos tuberías de acero inoxidable ASTM A270 grado 304 de espesor 1,65 mm a 2 mm y de una unión roscada SCH 40 con la tubería de 1,65 mm a 2 mm, realizado por el proceso de soldadura GTAW, junta en T, sin preparación de junta y penetración parcial (PJP) (Figura 14b), con aporte de material, la cual se debe realizar para cualquier posición (5G), además de soportar cargas a tracción.

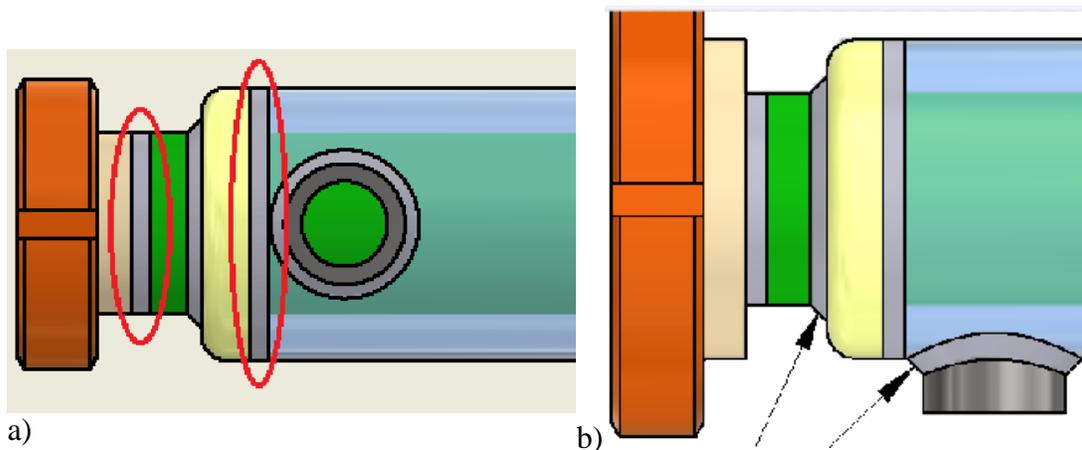


Figura 14. a) Junta a tope para soldadura autógena CJP y b) junta en esquina para soldadura de filete PJP.

Ajuste al alcance definido por el código

El alcance del proceso de soldadura está definido por lo que dicta el estándar AWS D1.6 2017, de allí se extraen el alcance y las limitaciones de este procedimiento:

- El proceso de soldadura a emplear (GTAW), hace parte de los procesos precalificados según la norma (American Welding Society [AWS], 2017, pág. 23).
- El metal base de la tubería ASTM A270 grado 304 no está en la lista de materiales precalificados, pero tras una larga investigación se concluyó que el acero ASTM 312 grado 304 tiene la misma composición química y este metal base está precalificado para el proceso de soldadura de tubería según la norma (American Welding Society [AWS], 2017, pág. 30).

- El espesor de la tubería (1,65 mm), cumple con la norma, además de todas las cláusulas dispuestas en las limitaciones del estándar (American Welding Society [AWS], 2017, págs. 2-3).
- La temperatura mínima de precalentamiento está precalificada, pero no se indica en el estándar AWS D1.6. Pero, según información encontrada para este tipo de acero en el ASME B31.3, lo recomendado es 10 °C (American Welding Society [AWS], 2017, pág. 69). El estándar AWS D1.6 indica que la temperatura máxima de precalentamiento o entre pasada es de 175 °C. Además de sugerir una temperatura de precalentamiento que ayude a eliminar la humedad que pueda presentarse (American Welding Society [AWS], 2017, pág. 24).
- Las soldaduras en ranura con CJP y PJP están precalificadas según el estándar (American Welding Society [AWS], 2017, pág. 26).

Limitaciones de las variables para los WPS

Las variables esenciales de un proceso de soldadura son todos aquellos parámetros que al ser modificados cambian significativamente el resultado de la soldadura. Si se realiza una modificación acertada esta puede optimizar el proceso, por otro lado, una alteración incorrecta puede desencadenar en defectos en las juntas soldadas. En cualquiera de los dos casos, cuando se hace un cambio en estas variables se debe certificar nuevamente el proceso de soldadura.

Estas variables descritas a continuación están plasmadas en el estándar (American Welding Society [AWS], 2017, pág. 24).

- Amperaje o velocidad de alimentación de alambre,
- voltaje,
- velocidad de avance,
- composición del gas de protección y caudal,
- posición de soldadura,
- clasificación y tamaño del metal de relleno.

Valores de las variables

- **Amperaje o velocidad de alimentación de alambre**

Según lo indicado en el estándar, el amperaje debe seguirse según lo recomendado por el fabricante de la tubería y del aporte, se permite una variación máxima de $\pm 25\%$ para el proceso GTAW (Figura 15). Como una de las juntas consta de soldadura autógena, se atiende a las recomendaciones de la Figura 16, donde se determina que para ese espesor de metal se deben utilizar 35 a 60 A.

- **Voltaje**

Según lo indicado en el estándar, el voltaje debe seguirse según lo recomendado por el fabricante del aporte, y se permite una variación máxima de $\pm 25\%$ para el proceso GTAW (Figura 15). En este caso se el voltaje se controla con la longitud del arco, como el fabricante no da recomendaciones de voltaje se calibra dependiendo la habilidad del soldador el cual está entre 10 a 15 V, valor que se obtuvo en campo luego de diferentes pruebas con los soldadores.

- **Velocidad de avance**

Según lo indicado en el estándar, no existe restricción en la velocidad de avance (Figura 15), por lo que este parámetro estará ligado de la corriente, voltaje y experiencia del soldador. Según las recomendaciones de la (Figura 16) la velocidad del avance debe ser 5,1 mm/s. Para la guía de soldadura se debe dar un rango que le permita al soldador adaptarse en combinación con los parámetros de voltaje y amperaje, como no se presenta restricción según la norma, se realizan pruebas para determinar este rango, obteniendo como resultado 3,5 a 5,1 mm/s.

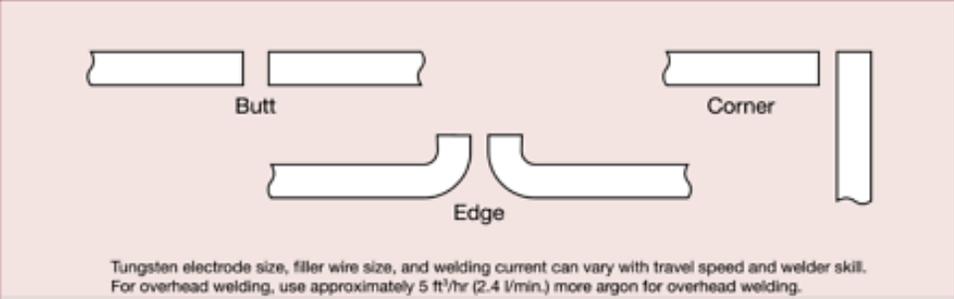
- **Composición del gas de protección y caudal**

Según el estándar, la composición del gas debe ser Argón, Helio o mezcla de Argón Helio según la nota g de la tabla 5.4 (American Welding Society [AWS], 2017, pág. 34). En este caso se usa Argón puro, ya que el Helio suele ser más costoso, además, el Argón proporciona una protección ideal para este tipo de soldadura. Sin embargo, el caudal es una recomendación del fabricante del aporte. Como una de las juntas requiere de soldadura autógena se toma base de la Figura 16, donde se recomienda usar 5,7 L/min, y aumentar en 2,4 L/min en soldadura bajo cabeza, dando como resultado 8,1 L/min. Combinando esta información con la presentada en la Figura 15, se obtiene un rango de 6,1 a 12,2 L/min.

Table 5.1
Variables to be Specified in the PWPS^{a,b} (see 5.6.1 and 5.7.1)

Welding Variable Range Limits					
Welding Process	Amperage or Wire Feed Speed	Voltage	Travel Speed	Shielding Gas Flow Rate	Gas Composition or Flux Trade Designation
SMAW	MR	DCEP, not restricted	Not restricted	—	—
SAW	Mean ±10% for each diameter	Mean ±7% for each diameter	Mean ±15% for each diameter	—	Flux trade designation
FCAW	Mean ±10% for each diameter	Mean ±7% for each diameter	Mean ±25% for each diameter	Rate +25%, -10%	Nominal gas composition, if used
GMAW	Mean ±10% for each diameter	Mean ±7% for each diameter	Mean ±25% for each diameter	Rate +25%, -10%	Nominal gas composition
GTAW	Mean ±25%	Mean ±25%	Not restricted	Rate +50%, -25%	Nominal gas composition

Figura 15. Variables específicas para el WPS (American Welding Society [AWS], 2017, pág. 28).



Base Metal – current, shielding gas, electrode type	Thickness of Base Metal in/ga (mm)	Number of Passes	Tungsten Size in. (mm)	Cup Size in. (mm)	Filler Size in. (mm)	Gas Flow ft³/hr (l/min)	Welding Current Amperes	Travel Speed in./min. (mm/s)
Carbon & Low Alloy Steel – DCEN, argon gas, thoriated tungsten electrode	24 ga. (.6)	1	1/16 (1.6)	1/4 (6.4)	1/16 (1.6)	10 (4.7)	15-35	13 (5.5)
	20 ga. (.9)	1	1/16 (1.6)	1/4 (6.4)	1/16 (1.6)	10 (4.7)	20-45	13 (5.5)
	18 ga. (1.2)	1	1/16 (1.6)	1/4 (6.4)	1/16 (1.6)	10 (4.7)	25-55	12 (5.1)
	16 ga. (1.5)	1	1/16 (1.6)	1/4 (6.4)	1/16 (1.6)	10 (4.7)	35-65	12 (5.1)
	14 ga. (1.9)	1	1/16 (1.6)	1/4 (6.4)	1/16 (1.6)	10 (4.7)	35-70	12 (5.1)
	3/32 (2.4)	1	3/32 (2.4)	5/16 (7.9)	3/32 (2.4)	10 (4.7)	35-80	12 (5.1)
	1/8 (3.2)	1	3/32 (2.4)	5/16 (7.9)	3/32 (2.4)	12 (5.7)	45-100	11 (4.7)
	3/16 (4.8)	1	1/8 (3.2)	3/8 (9.5)	1/8 (3.2)	15 (7.1)	65-140	10 (4.2)
Stainless Steel – DCEN, argon gas, thoriated tungsten electrode	1/16 (1.6)	1	1/16 (1.6)	1/4 (6.4)	1/16 (1.6)	12 (5.7)	35-60	12 (5.1)
	3/32 (2.4)	1	1/16 (1.6)	1/4 (6.4)	3/32 (2.4)	12 (5.7)	45-85	12 (5.1)
	1/8 (3.2)	1	1/16 (1.6)	5/16 (7.9)	3/32 (2.4)	12 (5.7)	55-100	12 (5.1)
	3/16 (4.8)	1	3/32 (2.4)	5/16 (7.9)	1/8 (3.2)	15 (7.1)	65-130	10 (4.2)

Figura 16. Datos para la selección de parámetros para GTAW en láminas de distintas aleaciones (Hobart Institute of Welding Technology, 1995).

- **Posición de soldadura**

El proceso GTAW está permitido para todas las posiciones de soldadura según la norma (American Welding Society [AWS], 2017), esto se debe verificar en el tipo de soldadura seleccionada posteriormente, según la nomenclatura sería 5G.

- **Clasificación y tamaño del metal de relleno**

Para este tipo de soldadura de acero ASTM A312 grado 304, este entra en el grupo B según la tabla 5.2 del estándar (American Welding Society [AWS], 2017). En esta misma cláusula la tabla 5.3 contiene los grupos de soldadura compatibles con este acero, donde se puede ver que para el grupo B se tiene diferentes tipos de aportes compatibles, en este caso para el grado 304/304L que es el que se está usando, el más recomendado es el ER308L y ER308LSi.

En este punto se selecciona el ER308L, dado que el silicio presente en el ER308LSi mejora la fluidez del charco de soldadura, lo que es desfavorable para el proceso por el espesor delgado de la tubería, por lo que se arriesga a generar goteo o perforación de la unión, el diámetro del aporte es de 1/16 según la Figura 16.

Además de la selección bajo el estándar y recomendaciones de la Hobart (Hobart Institute of Welding Technology, 1995), se procede a verificar que la composición química del aporte sea compatible con la del metal base, la Tabla 4 presenta la composición química del metal de aporte.

Composición química aporte 308L en %										
C	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	P	S	N	Cu	otros
0.03	19.5-22.0	9.0-11.0	0.75	1.0-2.5	0.3-0.65	0.03	0.03	---	0.75	---

Tabla 4. Composición química aporte 308L.

Como se puede observar las composiciones químicas son muy parecidas, en este caso el aporte genera menor probabilidad de oxidación por su menor porcentaje de carbón en relación con el metal base.

Requisitos adicionales

Además de las variables esenciales se deben cumplir los requisitos escritos en la tabla 5.4 del estándar Figura 17, para el procedimiento GTAW el cual se está empleando.

- **Diámetro máximo del electrodo**

Se tiene que el diámetro máximo de electrodo para el proceso de soldadura precalificado es de 5/32” o 4 mm (Figura 17). Además, se selecciona el tungsteno de punta azul debido a que su

adición mayor de lantano ayuda a mejorar la estabilidad del arco lo que favorece el proceso de soldadura al operario, además la Figura 16 el diámetro recomendado es de 1/16”.

- **Corriente máxima**

Según lo mostrado en la tabla 5.4 del estándar (Figura 17) y la nota g específica para el proceso GTAW, solo se puede usar DCEN para que sea precalificado el proceso, no nos da información de corriente máxima, así que se continua con la seleccionada en el paso anterior.

- **Espesor máximo de paso de raíz**

Según la tabla 5.4 del estándar (Figura 17), el valor máximo del espesor de pase de raíz es de 3/16” (5 mm), para todas las posiciones.

- **Espesor máximo de paso de llenado**

Según la tabla 5.4 del estándar (Figura 17), el valor máximo del espesor de pase de llenado es de 1/8” (3 mm), para todas las posiciones.

- **Tamaño máximo de soldadura de filete de pasada única**

Según la tabla 5.4 del estándar (Figura 17), el valor máximo del tamaño de la soldadura de filete es 3/16” (5 mm), para la posición más crítica que es sobre cabeza.

- **Ancho máximo de una capa de paso**

Según la tabla 5.4 del estándar (Figura 17), el valor máximo del ancho de una capa de paso es de 1/2” (12 mm), para todas las posiciones.

Detalles de la junta

Junta a tope

Este tipo de junta se presenta normalmente en la unión de accesorios de tubería para la continuidad del flujo del contenido interno, además de uniones para cambios de dirección y sección en el transporte del material, como lo son la unión de tubería recta con codos, semi codos, tuberías en T, tapa cap y uniones universales (SMS), donde se cuenta con una junta a tope.

Partiendo de lo anterior se procede a buscar en el estándar AWS D1.6 que juntas pueden utilizarse para lograr una junta de penetración completa (CJP), debido al requerimiento de la aplicación. Con esa información se selecciona la junta designada como B-P1a la cual se puede observar en la Figura 18, la cual está dentro de las juntas PJP, pero debido a la facilidad de fabricación y su espesor delgado se puede garantizar que se lograra una junta CJP, ya que es la que encaja con las especificaciones de espesor y que sea soldadura solo de un lado.

Table 5.4
PWPS Requirements (see 5.7.1)

Variable	Position	Weld Type	SMAW	SAW ^b	GMAW ^{c,d}	FCAW ^{e,f}	GTAW ^{g,h}
Maximum Electrode Diameter in [mm]	Flat	Fillet	1/4 [6.4] ^a	1/4 [6.4]	1/16 [1.6]	3/32 [2.4]	5/32 [4.0]
		Groove	1/4 [6.4] ^a	1/4 [6.4]			
		Root Pass	1/4 [6.4]	1/4 [6.4]			
	Horizontal	Fillet	1/4 [6.4]	1/4 [6.4]			
		Groove	3/16 [4.8]	1/4 [6.4]			
Vertical Overhead	All	5/32 [4.0]	NA				
Maximum Current (A)	All	Fillet		600 (H) 800 (F)			
		Groove Weld Root Pass With Opening					
	All	Groove Weld Root Pass Without Opening	Within the range of recommended operation by the filler metal manufacturer	600	Within the range of recommended operation by the filler metal manufacturer	Within the range of recommended operation by the filler metal manufacturer	See Note g
		Groove Weld Fill Passes					
		Groove Weld Cap Passes		800			
Maximum Root Pass Thickness in [mm] ^f	Flat	All	1/4 [6]	1/2 [12]	3/16 [5]	1/4 [6]	3/16 [5]
	Horizontal		1/4 [6]	3/8 [10]	3/16 [5]	1/4 [6]	
	Vertical		1/4 [6]	NA	3/16 [5]	1/4 [6]	
	Overhead		1/4 [6]	NA	3/16 [5]	1/4 [6]	
Maximum Fill Pass Thickness in [mm]	Flat	All	1/8 [3]	1/4 [6]	1/4 [6]	1/4 [6]	1/8 [3]
	Horizontal		3/16 [5]	5/16 [8]			
	Vertical		3/16 [5]	NA			
	Overhead		3/16 [5]	NA			
Maximum Single Pass Fillet Weld Size in [mm]	Flat	Fillet	3/8 [10]	1/2 [12]	1/2 [12]	1/2 [12]	1/4 [6]
	Horizontal		5/16 [8]	5/16 [8]	5/16 [8]	5/16 [8]	3/16 [5]
	Vertical		1/2 [12]	NA	1/2 [12]	1/2 [12]	3/16 [5]
	Overhead		5/16 [8]	NA	1/4 [6]	5/16 [8]	3/16 [5]
Maximum Single Pass Layer Width in [mm] ^h	All (for SMAW, GMAW, FCAW, GTAW) F & H (for SAW)	Any individual layer of width w	1/2 [12]	5/8 [16]	1/2 [12]	1/2 [12]	1/2 [12]

^a Except root passes.

^b Single electrode.

^c See 5.7.1(2).

^d All metal transfer modes of GMAW are prequalified in all positions except vertical down. In addition, GMAW-S is also prequalified for vertical-down welding for base metal thicknesses 3/16 in [5 mm] and less. Prequalification of GMAW-S is limited to helium base shielding gas mixtures of at least 85% He by volume. Prequalified shielding gases for all other metal transfer modes of GMAW are argon or helium-based and limited to those containing at least 0.5%, but not more than 6% total, by volume, of oxygen or carbon dioxide, including no more than 3% carbon dioxide.

^e FCAW-G is prequalified in all positions, except that vertical-down prequalification is limited to 3/16 in [5 mm] maximum base metal thickness. FCAW-S is prequalified in the flat, horizontal, and vertical-upward positions. Prequalified shielding gases for electrodes classified with gas shielding are limited to carbon dioxide and mixtures of argon with not less than 20%, by volume, carbon dioxide.

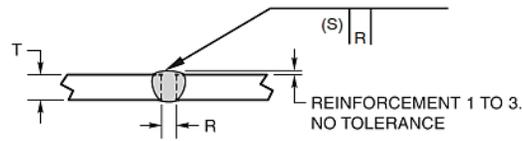
^f See 5.7.1(3) for width-to-depth limitations.

^g GTAW and pulsed GTAW are prequalified in all welding positions, DCEN only, but the vertical-down progression is limited to 3/16 in [5 mm] maximum base metal thickness. Prequalified shielding gases are restricted to argon, helium, and argon-helium mixtures.

^h Split layers when the maximum single pass layer width is exceeded. H = Horizontal; F = Flat.

Figura 17. Requerimientos para el PWPS (American Welding Society [AWS], 2017).

Square-groove weld (1)
Butt joint (B)



ALL DIMENSIONS IN mm

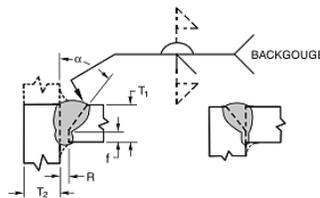
Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Weld Size (S)	Notes
		T	Root Opening	Tolerances					
				As Detailed (see 5.10.4)	As Fit-Up (see 5.10.4)				
SMAW GTAW	B-P1a	16 ga to 3	R = 0 to T/2	+T/2, -0	±T/2	All	3T/4	a, b, o	
FCAW GMAW	B-P1c	3 to 6 max.	R = T/2 min.	+2, -0	±2	All	T/2	a, b, o	

Figura 18. Diseño de la junta a tope (American Welding Society [AWS], 2017).

Junta en T (Filete)

Según los requerimientos de soldadura, se debe realizar una junta en T sin preparación, generando una penetración parcial (PJP) en la tubería que transporta la materia prima. Esta junta se debe realizar con aporte para poder garantizar la correcta unión de las partes. Con esta información se selecciona del estándar la junta nombrada como TC-L4b (Figura 19), donde por el tipo de junta que se usa en la fabricación no se cumple totalmente el tipo de soldadura.

Single-bevel-groove weld (4)
T-joint (T)
Corner joint (C)



Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = Unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances			
					As Detailed (see 5.11.2)	As Fit-Up (see 5.11.2)		
SMAW	TC-U4b	1/16 min. to U	1/16 min. to U	R = 0 to T/2 ≤ 1/8 f = 0 to T/2 ≤ 1/8 α = 45°	+T/4 ≤ 1/16, -0 +T/4 ≤ 1/16, -0 +10°, -0°	+1/16, -T/2 ≤ 1/8 Not limited ^a +10°, -5°	All	d, g, m, n, o
GTAW	TC-L4b	1/16 min. to 1	1/16 min. to 1	R = 0 to T/2 ≤ 1/8 f = 0 to T/2 ≤ 1/8 α = 45°	+T/4 ≤ 1/16, -0 +T/4 ≤ 1/16, -0 +10°, -0°	+1/16, -T/2 ≤ 1/8 Not limited ^a +10°, -5°	All	d, g, m, n, o
GMAW FCAW	TC-U4b-GF	1/8 min. to U	1/8 min. to U	R = 0 to T/2 ≤ 1/8 f = 0 to T/2 ≤ 1/8 α = 45°	+T/4 ≤ 1/16, -0 +T/4 ≤ 1/16, -0 +10°, -0°	+1/16, -T/2 ≤ 1/8 Not limited ^a +10°, -5°	All	a, d, g, m, n, o

Figura 19. Diseño de junta en T (American Welding Society [AWS], 2017).

Sin embargo, es la condición más aproximada, teniendo en cuenta que para la unión de las tapas caps con la tubería no se genera ningún bisel. Para la soldadura de las uniones roscadas SCH 40 si se fabrica un pequeño bisel, conforme a lo que dicta la norma. En ambos casos, no se requiere abertura de raíz (0 mm), y se realiza en una sola pasada.

Tratamiento térmico postsoldadura

En este caso no es necesario realizar tratamiento luego del proceso de soldadura en ninguno de los dos tipos de junta analizados, puesto que la aplicación no lo requiere.

Según el análisis realizado, no se puede generar un WPS precalificado para ninguna de las dos juntas requeridas para la fabricación de esta tubería. Sin embargo, se construye una guía de soldadura para los dos tipos de junta la cual puede en un futuro, si la empresa lo requiere, convertirlo en un procedimiento calificado. El Anexo 3 contiene la información de guía de soldadura.

6.3.2.2 Estandarización de tubería SCH 10 inoxidable sin costura (*seamless*)

En este caso se logró analizar este tipo de tubería bajo las mismas normas empleadas para la tubería sanitaria. Este tipo en particular se emplea para líneas de servicios industriales como lo son agua helada, caliente, potable, industrial, vapor y condensado. Por esto, se siguen los mismos pasos para el diseño de junta a tope, la cual es una de las empleadas para este tipo de tubería se logra obtener un WPS precalificado, donde se emplea el tipo de junta B-L2b, el cual se puede observar en la Figura 20.

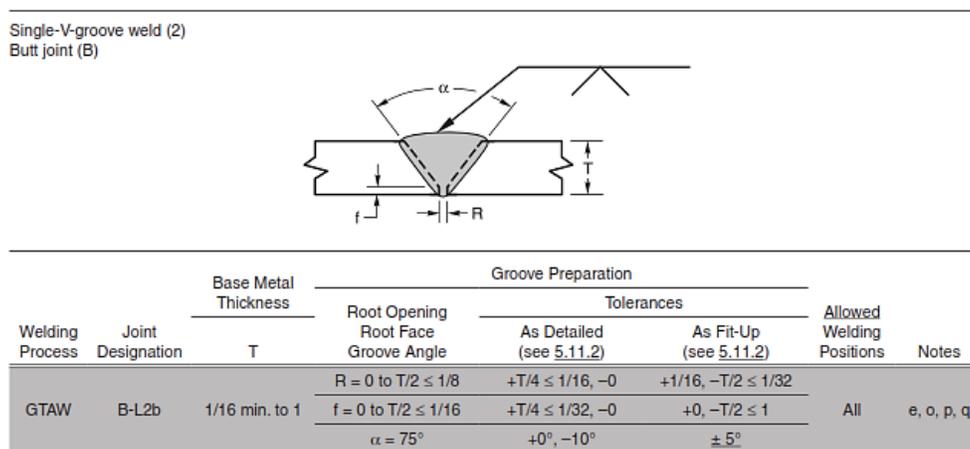


Figura 20. Junta a tope para tubería SCH 10 (American Welding Society [AWS], 2017).

El WPS precalificado diseñado se puede observar en el Anexo 4, en el cual se usa el formato de la AWS D1.6 con un añadido que es el gas de respaldo.

Además de esta junta se logró identificar una adicional, la cual es denominada junta de traslape o junta deslizante. Este se genera cuando se suelda una brida tipo slip-on a la tubería. La Figura 21 muestra los detalles de los requerimientos para este tipo de soldadura según la ASME. En este caso se emplea el primer tipo “soldaduras parte delantera y posterior”, debido a la configuración que tienen las bridas que se emplean. Además, no se requiere preparación de junta y la que permite la menor afectación térmica y distorsiones de geometría en la cara de la brida que estará en contacto con la empaquetadura.

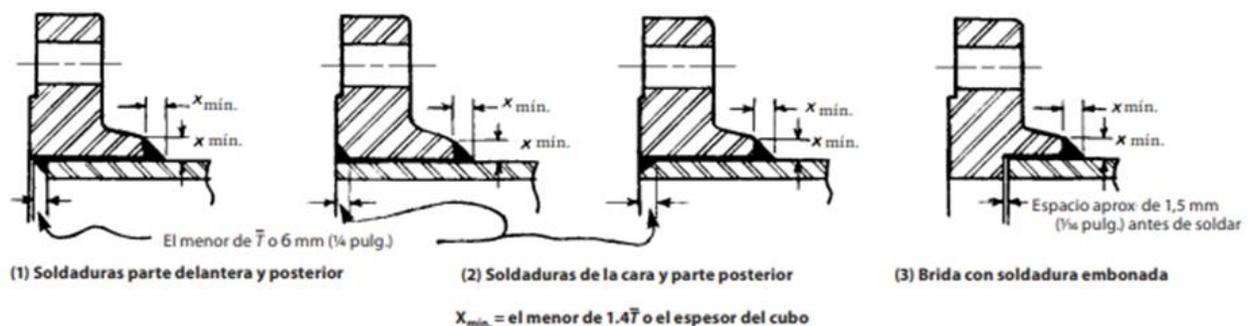


Figura 21. Detalles de la junta tipo deslizante (American Society of Mechanical Engineers [ASME], 2015).

6.3.2.3 Criterios de aceptación de las juntas soldadas

Los criterios de aceptación de las juntas soldadas son especificaciones detalladas que definen los estándares mínimos que deben cumplir las soldaduras para ser consideradas aceptables, en términos de calidad y rendimiento. Estos criterios se basan en una variedad de factores, que incluyen el tipo de material utilizado, el proceso de soldadura empleado, las cargas y tensiones a las que estará expuesta la soldadura, y los estándares y regulaciones industriales y gubernamentales pertinentes.

La implementación adecuada de los criterios de aceptación de las juntas soldadas es fundamental para garantizar la seguridad, durabilidad y rendimiento de las estructuras y productos que las contienen. Esto requiere una cuidadosa planificación, ejecución y supervisión de los procesos de soldadura, así como una rigurosa inspección y evaluación de las soldaduras realizadas.

En última instancia, los criterios de aceptación son un componente crucial en la fabricación y mantenimiento de productos y estructuras que dependen de la integridad de las juntas soldadas.

En este caso se usa la norma AWS D1.8 (American Welding Society [AWS]., 2009), la cual dictamina cuales son los criterios de inspección y aceptación de las juntas soldadas en tuberías de acero inoxidable para aplicaciones de tipo sanitario, además brinda requerimientos de fabricación para cumplir con los estándares de calidad.

Requerimientos de fabricación

- Los tramos de tubería cortado deben ser cuadrados, ósea a escuadra (90°); se deben eliminar todo rastro de decoloración, destellos de corte y rebabas; además no se debe biselar más allá del 10% del espesor de la tubería para soldadura autógena.

- Las juntas no deben tener abertura de raíz.

- El estándar dicta que no se debe emplear metal de aporte en soldaduras que estén en contacto con el producto a excepción de accesorios que no tengan un buen ajuste de la junta y elementos que requieran aporte para su correcta unión.

Requerimientos de inspección visual

Todas las soldaduras deben ser examinadas por el soldador y operadores de soldadura, verificando que se cumplan los criterios de examen visual descritos a continuación. Además, el supervisor o inspector de la obra deberá revisar y realizar una inspección visual de algunas de las tuberías soldadas, los criterios de inspección son los siguientes:

- La soldadura no puede tener penetración incompleta a lo largo de la unión, la soldadura debe ser continua y presentar penetración completa en todo el cordón.

- La soldadura no deberá presentar grietas, socavado, hendiduras, porosidades ni material incrustado o sobresaliente.

- La desviación o desalineación no superará el 15% del espesor de la pared, como se muestra en la Figura 22.

- La concavidad máxima admisible para tubería que **no** está en contacto con el producto será de 0,006 en [0,15 mm], como se muestra en la Figura 22.

- La convexidad máxima admisible para tubería que **no** está en contacto con el producto será de 0,012 en [0,3 mm], como se muestra en la Figura 22.

- La concavidad máxima admisible para tubería que está en contacto con el producto será de 0,012 en [0,3 mm], como se muestra en la Figura 22.

- La convexidad máxima admisible para tubería que no está en contacto con el producto será de 0,012 en [0,3 mm], como se muestra en la Figura 22.

- Las soldaduras manuales deben tener un ancho de cara de al menos dos veces el espesor del tubo.

- Las soldaduras deben ser uniformes, la sección más pequeña del cordón debe ser de al menos el 75% de la sección más ancha.

- La superficie de soldadura no contendrá decoloración excesiva. La oxidación indicada por la decoloración mostrada en los ejemplos 4 al 10, de la Figura 23, es inaceptable en la condición de soldadura, a menos que el propietario y el fabricante acuerden otra cosa.

- Impurezas mayores a 1/16 in (1,6 mm), son inaceptables, además de que no deben presentarse más de cuatro (4) impurezas en 100 mm lineales de soldadura.

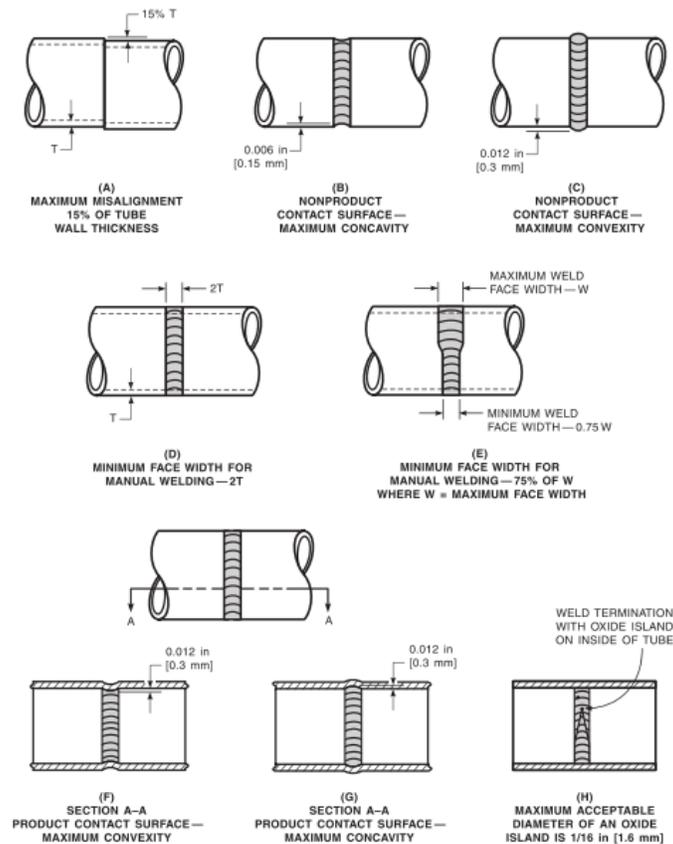
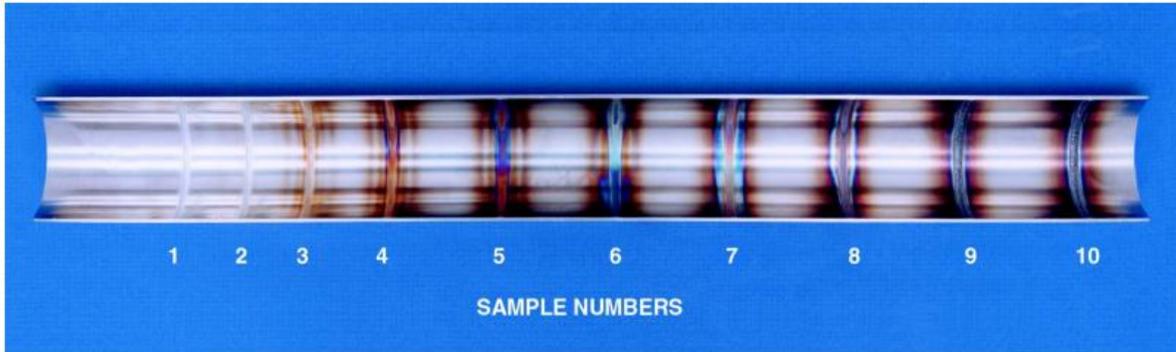


Figura 22. Criterios de aceptación para unión de tubería para aplicaciones sanitarias según AWS D18.1 (American Welding Society [AWS]., 2009).



Notes:

1. The tube sample was prepared using an automatic orbital "bead-on-plate" weld on the outside diameter of a 2 in [50.8 mm] stainless steel tube. The weld penetrated through the tube wall. The concentration of oxygen in ppm added to the pure argon backing gas for each weld was as follows:

No. 1—10	No. 3—50	No. 5—200	No. 7—1000	No. 9—12 500
No. 2—25	No. 4—100	No. 6—500	No. 8—5000	No. 10—25 000

2. The illustration is most useful as a reference to identify the degree of discoloration rather than to specify oxygen limits in the backing gas. The amount of discoloration and its appearance can be influenced by factors other than oxygen such as:

- (a) High levels of moisture in the backing gas will increase the degree of discoloration.
- (b) Contaminants such as hydrocarbons, moisture, and some types of particulate on the surface prior to welding can influence discoloration levels.
- (c) Hydrogen gas in the argon backing gas can significantly reduce the amount of discoloration.
- (d) The metal's surface finish can affect the appearance of discoloration.

Figura 23. Niveles de decoloración interna luego del proceso de soldadura según AWS D18.1 (American Welding Society [AWS]., 2009).

6.3.2.4 Sensitización de la zona afectada térmicamente

Además de la información que se recopiló de los estándares, fue posible estudiar el fenómeno corrosión intergranular, la cual es el principal tipo de corrosión inducido al acero inoxidable austenítico, por los procesos de soldadura. La Figura 24 muestra las curvas de sensitización del acero inoxidable dependiendo de su porcentaje de carbono.

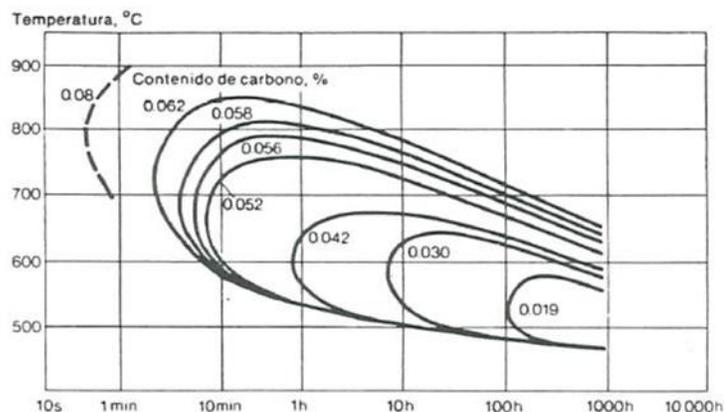


Figura 24. Curvas de sensitización del acero inoxidable según su porcentaje de carbono. (Manuel Arcila, 2018).

Como se puede observar en la Figura 24, dependiendo la temperatura y el tiempo de exposición a esta temperatura se pueden producir precipitados de carburos de cromo, los cuales se producen en los bordes de grano del material. Estos carburos reducen la cantidad de cromo debilitando su resistencia a la corrosión. Por esto, es necesario reducir el tiempo de exposición a altas temperaturas por el proceso de soldadura, lo que implica realizar las soldaduras de manera rápida, pero garantizando un CJP. Además, de alternar entre las soldaduras más lejanas para evitar la acumulación de temperatura que favorezca la formación de estos compuestos indeseables. Como se puede observar en la Figura 25, aquí se puede ver la configuración de secuencia que se debe seguir, no se debe realizar la secuencia de manera exactamente igual, lo importante es que exista una alternación entre cada soldadura buscando siempre evitar la acumulación de calor aportado.

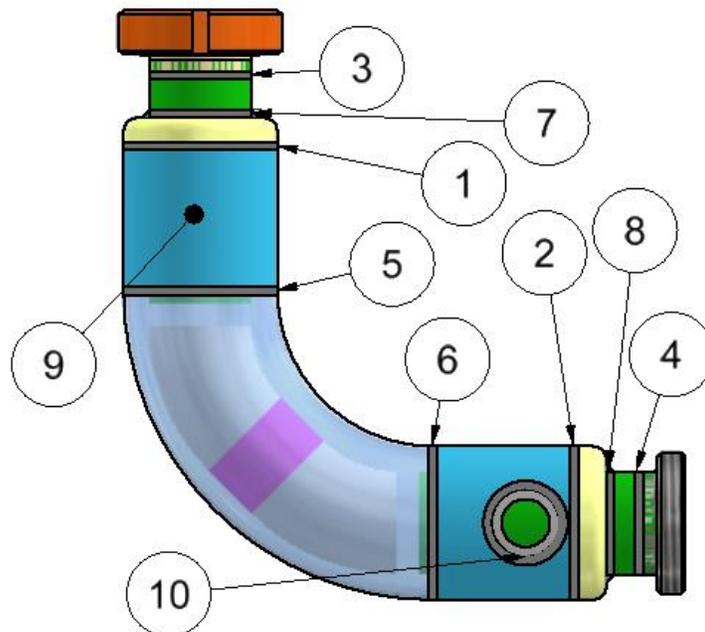


Figura 25. Ejemplo de secuencia recomendada para el proceso de soldadura.

6.3.2.5 Prueba hidrostática

Las pruebas hidrostáticas son un procedimiento fundamental en la industria de la ingeniería y la construcción, especialmente cuando se trata de garantizar la seguridad y la integridad de las tuberías utilizadas en una variedad de aplicaciones industriales, comerciales y residenciales. Estas pruebas implican la aplicación de presión hidrostática al interior de una tubería sellada para evaluar su resistencia y capacidad para soportar cargas bajo condiciones de servicio.

Las tuberías son componentes esenciales en sistemas de transporte de fluidos, desde agua potable hasta productos químicos y petróleo. Dado su papel crítico en la infraestructura y las operaciones industriales, es crucial que las tuberías cumplan con los estándares de seguridad y calidad establecidos.

El propósito principal de las pruebas hidrostáticas en tuberías es verificar la integridad estructural y la hermeticidad del sistema. Estas pruebas se realizan antes de poner en servicio una tubería nueva o después de realizar reparaciones o modificaciones significativas en una tubería existente. La aplicación de presión hidrostática permite detectar posibles fugas, debilidades estructurales o defectos de fabricación que podrían comprometer la seguridad y la eficiencia del sistema.

En el ámbito específico de la tubería encamisada que transporta materia prima, es un requerimiento crítico, puesto que, si se presenta una fuga interna, comprometería uno o varios tanques de producto, lo que representa pérdidas millonarias en materia de procesamiento.

Durante una prueba hidrostática, la tubería se llena completamente con un líquido, típicamente agua, y se aplica presión al interior del sistema utilizando una bomba hidráulica u otro equipo adecuado. La presión se mantiene constante durante un período de tiempo especificado, generalmente varios minutos, mientras se monitorea cualquier cambio en la presión que pueda indicar la presencia de fugas.

Durante la prueba, es importante inspeccionar visualmente la tubería en busca de cualquier indicio de fugas, como burbujas de aire o goteos de agua, y realizar mediciones precisas de la presión para garantizar que se cumplan los requisitos especificados.

La presión que se debe aplicar a la tubería en la prueba hidrostática depende directamente de la presión de trabajo de la tubería, se debe aplicar de 150% a 200% esta presión de operación. Es decir, si la presión de una red de tubería es de 120 psi, se le deben aplicar de 180 a 240 psi en la prueba hidrostática. Este valor debe ser seleccionado con base en los requerimientos establecidos el diseñador, con el fin de cumplir sus exigencias.

6.3.2.6 Decapado y pasivado

El acero inoxidable es un material ampliamente utilizado en diversas aplicaciones industriales, debido a su resistencia a la corrosión y su durabilidad. Sin embargo, incluso el acero inoxidable puede corroerse si no se procesa y utiliza adecuadamente, especialmente en entornos

agresivos o expuestos a condiciones corrosivas. En particular, cuando se aplica un proceso de soldadura, es de vital importancia reestablecer sus propiedades originales debido a que el calentamiento genera una alteración en la microestructura de la zona afectada térmicamente. Es aquí donde entran en juego dos procesos fundamentales, el decapado y el pasivado.

Decapado: El decapado es un proceso diseñado para eliminar impurezas superficiales, óxido, incrustaciones de soldadura y otros contaminantes de la superficie del acero inoxidable. Estos contaminantes pueden afectar la apariencia y la resistencia a la corrosión del material si no se eliminan correctamente. El decapado se lleva a cabo utilizando una variedad de métodos, que incluyen soluciones químicas ácidas o alcalinas y técnicas de limpieza mecánica como el granallado. El objetivo principal del decapado es limpiar y preparar la superficie del acero inoxidable para procesos posteriores, como el pasivado. Es importante destacar que este proceso se realiza antes y después de llevar a cabo la soldadura-

Pasivado: El pasivado es un proceso complementario al decapado que se enfoca en mejorar la resistencia a la corrosión del acero inoxidable mediante la formación de una capa delgada y estable de óxido de cromo en su superficie. Esta capa pasiva actúa como una barrera protectora que protege el acero inoxidable de la corrosión en entornos agresivos. El pasivado se realiza sumergiendo las piezas de acero inoxidable en una solución pasivante, que generalmente contiene ácido nítrico u otro agente. Este proceso promueve la formación de la capa de óxido de cromo y restaura la pasividad del acero inoxidable, y debe ser empleado después de la soldadura.

La descripción paso a paso del proceso de decapado y pasivado esta consignada en un documento de la empresa. De forma resumida, se debe limpiar la zona afectada térmicamente por la soldadura, de forma que quede sin residuos contaminantes ni humedad, se procede a aplicar el gel decapante y pasivante, el cual viene en conjunto para una sola aplicación. Se deja actuar durante 15 minutos y luego se procede a limpiar el área trabajada con abundante agua y con ayuda de un cepillo o esponja abrasiva.

6.3.3 Estandarización del proceso de montaje

Soportes para la tubería

Los soportes, conocidos coloquialmente como soportería, desempeñan un papel crítico en la instalación de tuberías, ya que proporciona un sistema de apoyo esencial, que asegura la estabilidad estructural y el funcionamiento eficiente a lo largo de su vida útil. En el proceso de

fabricación, los sistemas de soporte son diseñados para adaptarse a las especificaciones únicas de cada proyecto, teniendo en cuenta factores como el material de la tubería, el diámetro, el peso, la temperatura de operación y las condiciones ambientales. Estos sistemas de soporte no solo sostienen la tubería en su lugar, sino que también distribuyen su peso de manera uniforme, minimizando la tensión y la deformación. Durante la instalación, los elementos de soporte garantizan una alineación precisa de la tubería, lo que es esencial para el flujo adecuado de fluidos y para evitar tensiones excesivas en las conexiones y juntas. Además, los soportes contribuyen a prevenir la vibración no deseada y el desplazamiento, lo que podría resultar en daños estructurales o pérdida de rendimiento. En última instancia, la implementación cuidadosa de soportes no solo asegura la seguridad operativa y la integridad del sistema de tuberías, sino que también reduce los costos de mantenimiento a largo plazo al minimizar el riesgo de fallas o fugas.

Con el fin de diseñar y fabricar la “soportería” de los diferentes tipos de tubería, para las diferentes aplicaciones, se toma la información del estándar MSS SP58 (Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry. INC [MSS], 2009), el cual dicta que tipo de soporte se debe utilizar para las diferentes aplicaciones. Además, establece la información sobre la tubería con aislamiento que en este caso se requiere. Como se mencionó anteriormente el aislamiento térmico no se instala por la empresa FAISMON S.A.S pero se deben respetar las dimensiones que debe llevar este con el fin de que después sea correctamente instalado.

Primero se deben saber qué tipo de elementos se deben emplear como soporte, con el fin de definir cuáles serán sus grados de libertad (movimiento); normalmente se emplea un grado de libertad lo que permite el desplazamiento a lo largo de un eje. La Figura 26 muestra cuales deben ser los elementos empleados según cada requerimiento de operación.

En este caso se emplean tres tipos de fluidos: tipo A-1 (49 - 232 °C), ambiente (10 - 48 °C) y C-1 (1-15 °C). En tubería sanitaria no existe la posibilidad de emplear soportes soldados, debido a su aplicación alimenticia, mientras que la tubería SCH 10 sí puede tener este tipo de soporte.

- Tubería sanitaria: En este caso se tiene un fluido tipo A-1 donde la temperatura de trabajo ronda los 50 - 60 °C. Es tubería desnuda o expuesta (BARE), y la presión de trabajo es aproximadamente de 70-100 psi. Como se mencionó anteriormente, no se pueden utilizar elementos deslizantes soldados a la tubería por la aplicación alimenticia, por lo que se utilizan el tipo 36 o 38, cuando se emplean abrazaderas elevadas, mientras que tipo 26 se emplea cuando se

requieren clips de acero o abrazaderas de medialuna ancladas al soporte. Esto debido a que son los más sencillos de emplear, estos deben contener la brida superior para fijar la tubería.

SYSTEM	INSULATION	HORIZONTAL PIPE ATTACHMENTS									
		STEEL CLIPS A	MALLEABLE IRON RINGS B	STEEL BANDS C	STEEL CLAMPS D	CAST IRON HANGING ROLLS E	CAST IRON SUPPORTING ROLLS F	STEEL TRAPEZES G	STEEL PROTECTION SADDLES & SHIELDS H	STEEL OR CAST IRON STANCHIONS I	STEEL WELDED ATTACHMENTS J
HOT A-1 120 (49) to 450 (232)	COVERED NOTES a & f	24 W/ 39	NONE	1, 5, 7, 9, 10 W/ 39 OR 40	2, 3	41, 43 W/ 39 OR 40	44, 45, 46 W/ 39 OR 40	59 W/ 39 OR 40	39, 40	36, 37, 38 W/ 39 OR 40	35 NOTE c
	BARE	24, 26	6, 11, 12	1, 5, 7, 9, 10	3, 4	41, 43	44, 45, 46	59	NONE	36, 37, 38	
HOT A-2 451 (233) to 750 (399)	COVERED NOTES a & f	24 W/ 39	NONE	1 W/ 39 OR 40	3	41 W/ 39 OR 40	44, 45, 46 W/ 39 OR 40	59 W/ 39 OR 40	39, 40	36, 37, 38 W/ 39 OR 40	35 NOTE c
	BARE	NONE	NONE	NONE	3, 4	NONE	NONE	NOTE c	NONE	NONE	
HOT A-3 OVER 750 (399)	COVERED NOTES a & f	NONE	NONE	1 W/ 40	ALLOY 2, 3	41, 43 W/ 40 OR ALLOY 39	44, 45, 46 W/ 40 OR ALLOY 39	59 W/ 40 OR ALLOY 39	40 ALLOY 39	36, 37, 38 W/ 40 OR ALLOY 39	ALLOY 35 NOTE c
	BARE	NONE	NONE	NONE	ALLOY 2, 3, 4	NONE	NONE	NOTE c	NONE	NONE	
AMBIENT B 60 (16) to 119 (48)	COVERED NOTES a & f	24, 26	NONE	1, 5, 7, 9, 10 W/ 39 OR 40	3, 4	41, 43 W/ 39 OR 40	44, 45, 46 W/ 39 OR 40	59 W/ 39 OR 40	39, 40	36, 37, 38 W/ 39 OR 40	35 NOTE c
	BARE	24, 26	6, 11, 12	1, 5, 7, 9, 10	3, 4	41, 43	44, 45, 46	59	NONE	36, 37, 38	
COLD C-1 33 (1) to 59 (15)	COVERED NOTE a	26 W/ 40	NONE	1, 5, 7, 9, 10 W/ 40	3, 4 W/ 40	41, 43 W/ 40 NOTE d	44, 45, 46 W/ 40 NOTE d	59 W/ 40	40	36, 37, 38 W/ 40	NOTE c
	BARE	24, 26	6, 11, 12	1, 5, 7, 9, 10	3, 4	41, 43	44, 45, 46	NOTE c	NONE	36, 37, 38	

Figura 26. Tabla de selección de tipos soporte para tubería (Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry. INC [MSS], 2009).

- Tubería SCH 10 para transporte de agua helada: en este caso se tiene un fluido tipo C-1 donde la temperatura de trabajo ronda los 1 - 6 °C, es tubería con asilamiento (COVERED), y la presión de trabajo es aproximadamente 100 - 120 psi. En este tipo de tubería se emplean normalmente soportes tipo abrazaderas elevadas de medialuna, por cuenta del aislamiento térmico, lo que permite su fácil instalación y deja un grado de libertad por las posibles contracciones o expansiones que pueda sufrir. Para este caso se emplean igual que para la tubería anterior los tipos 36 o 38, respetando las dimensiones del aislamiento.

- Tubería SCH 10 para transporte de agua potable: en este caso se tiene un fluido tipo B donde la temperatura de trabajo ronda los 16 - 25 °C, es tubería sin aislamiento (BARE), y la presión de trabajo es aproximadamente 100 - 120 psi. En este tipo de aplicación se emplean

abrazaderas elevadas de sujeción completa alrededor de la tubería y clips de acero o abrazaderas de medialuna ancladas al soporte, estos corresponden a los tipos 36, 38 y 26.

- Tubería SCH 10 para transporte de agua caliente, vapor y condensado: en este caso se tiene un fluido tipo A-1 donde la temperatura de trabajo ronda los 60 - 180 °C. Es tubería con aislamiento (COVERED). En este tipo de aplicaciones se presenta un mayor desplazamiento de la tubería, específicamente en redes de vapor y condensado, donde las temperaturas se encuentran cerca a los 180 °C, con una presión de operación de aproximadamente de 150 psi. Los desplazamientos que se generan en este tipo de tuberías pueden llegar a ser considerablemente grandes, por lo que se debe emplear un soporte que evite el desgaste de la tubería y a su vez la instalación del aislamiento. Normalmente se emplean los soportes tipo 35, ideales para evitar el desgaste de la tubería por la fricción generada por el rozamiento, los soportes son soldados a la tubería y el zapato del soporte es el que absorbe el rozamiento, de la misma manera que en la tubería anterior se debe respetar las dimensiones estándar del aislamiento para que pueda ser instalado correctamente.

Los tipos de soportes de tubería mencionados anteriormente están relacionados con la que se muestran en la Figura 27 y Figura 28.

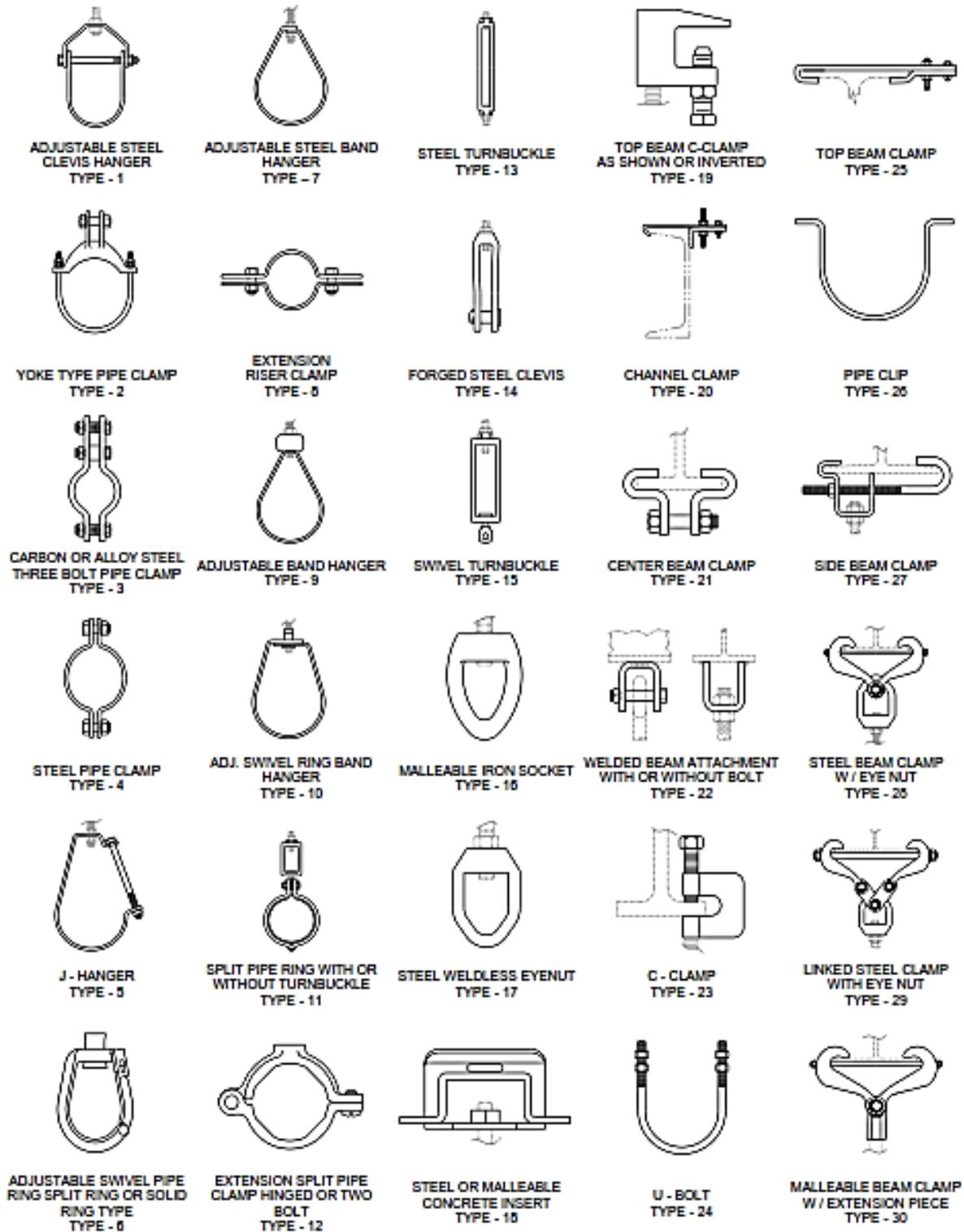


Figura 27. Tipos de soporte para tubería (1 – 30) (Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry. INC [MSS], 2009)

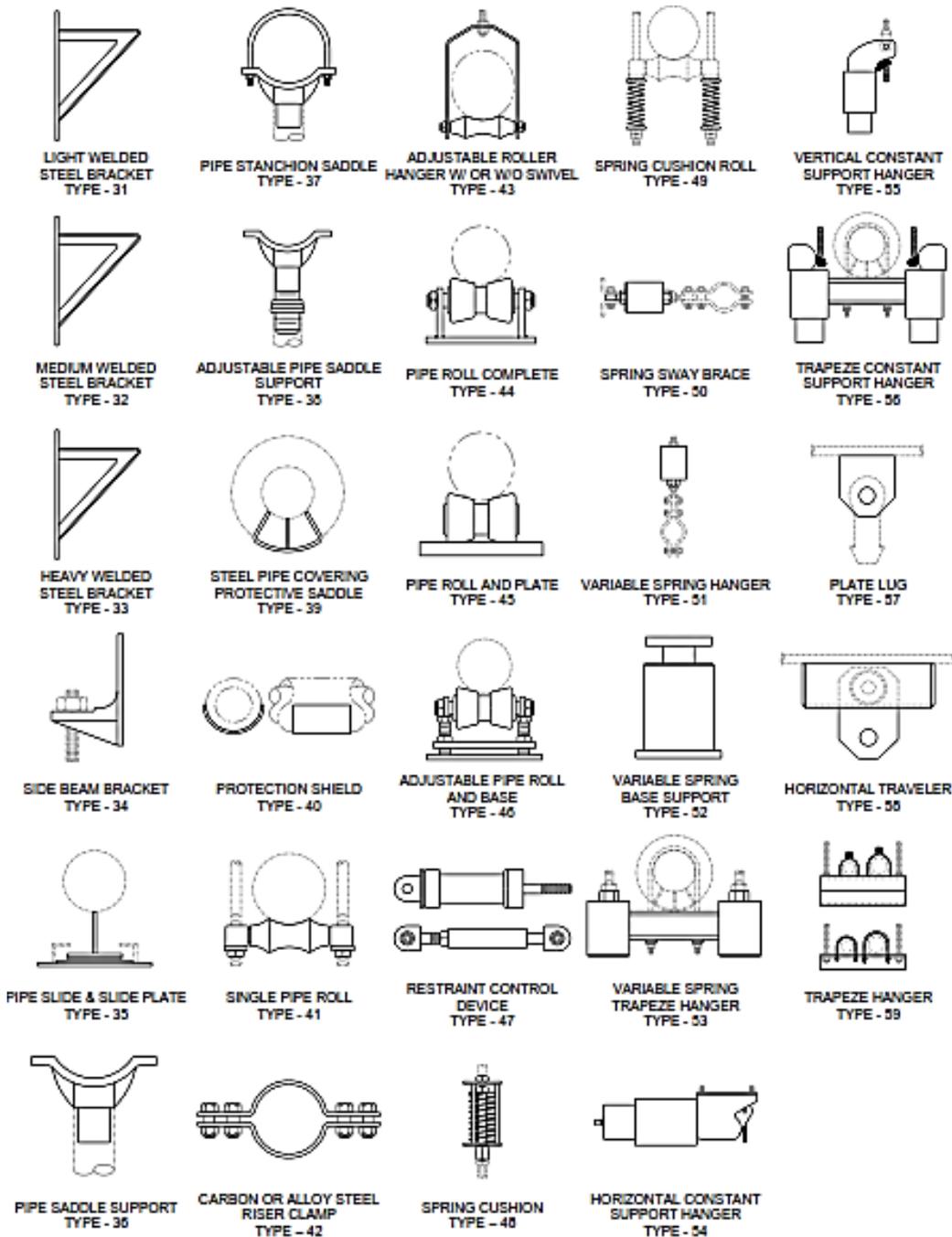


Figura 28. Tipos de soporte para tubería (31 – 59) (Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry. INC [MSS], 2009)

Sumado a lo anterior, se presentan a continuación las tablas que muestran las dimensiones que se deben respetar para la instalación del aislamiento térmico de la tubería que lo requiere (Figura 30). Esta información es suministrada por la empresa CALORCOL la cual es la encargada de la instalación del aislamiento térmico de las tuberías para la empresa FAISMON.

Especificaciones Técnicas

Descripción	Cañuelas con o sin acabado en foil de aluminio
Densidad	8 lb/pie ³ (128 kg/m ³)
Conductividad Térmica (k)	0.25 BTU.plg/hr.pie ² °F a Tm 100°F
Norma	ASTM C-547-03 Type II y Diámetro interno según IPS
Temperatura de operación	Hasta 650 °C

Presentación

Tipo 1 Cañuelas Redondas (1 Sección)

Diámetro nominal de la tubería	De ½" a 2"
Espesor	De 1" a 4" con incrementos de ½"
Longitud	0.91m

Tipo 2 Dos Medias Cañas (2 Secciones)

Diámetro nominal de la tubería	De 2½" a 12"
Espesor	De 1" a 4" con incrementos de ½"
Longitud	0.91m

Figura 29. Especificaciones técnicas del aislamiento.

Espesores de aislamiento recomendados										
Temperatura °C	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
Diámetro tubería	Espesores de aislamiento en plg									
½	1	1	1	1½	1½	1½	2	2½	2½	3
¾	1	1	1	1½	1½	1½	2	2½	2½	3
1	1	1	1½	1½	2	2	2½	3	3	3½
1¼	1	1	1½	1½	2	2	2½	3	3	3½
1½	1	1	1½	1½	2	2	2½	3	3	3½
2	1	1½	1½	2	2	2½	3	3	3½	4
2½	1½	1½	2	2½	3	3	3	3½	4	4
3	1½	2	2	2½	3	3	3	3½	4	4½
4	1½	2	2½	3	3	3	3½	4	4½	5
5	1½	2	2½	3	3	3½	4	4½	5	5½
6	1½	2	2½	3	3	3½	4	4½	5	5½
8	1½	2	2½	3	3	3½	4	5	6	6
10	2	2½	3	3	3½	4	4½	5	6	6½
12	2	2½	3	3	3½	4	5	5½	6	7
14	2	2½	3	3½	4	4	5	6	6½	7
16	2	2½	3	3½	4	4½	5	6	6½	7½
18	2	2½	3	3½	4	4½	5	6	6½	7½
20	2½	3	3½	4	4	4½	5	6	7	8
22	2½	3	3½	4	4	4½	5	6	7	8
24	2½	3	3½	4	4	4½	5	6	7	8

Figura 30. Espesores de aislamiento recomendados por la empresa CALORCOL.

Aplicaciones

- Material diseñado para aislamiento térmico de tuberías en líneas de servicio que operan a temperaturas altas en régimen continuo.
- Para uso en tuberías frías debe ser provisto con barrera de vapor para evitar condensación.
- Aptas para tuberías expuestas a la intemperie, siempre y cuando sean protegidas del agua.

Descripción: Las cañuelas de lana mineral de roca aglutinada con resina sintética consisten en aislamientos térmicos normalizados para tubería estándar de diversos diámetros nominales, en medias cañas que se ajustan a lo largo del tubo y que se moldean en forma cilíndrica. Son totalmente incombustibles, 100% libres de asbesto, químicamente neutras, no causan ni promueven la corrosión, su uso es para aislamiento térmico en tuberías estándar de diversos diámetros nominales. Tienen gran resistencia mecánica, se ajustan perfectamente al tubo sin dejar la más mínima ranura o escape de calor, por su alta densidad 8 lb/f^3 (128 kg/m^3) evita el paso de calor con mucha eficiencia y proporciona una excelente durabilidad ya que no pierde peso ni densidad al estar sometida continuamente a temperaturas altas.

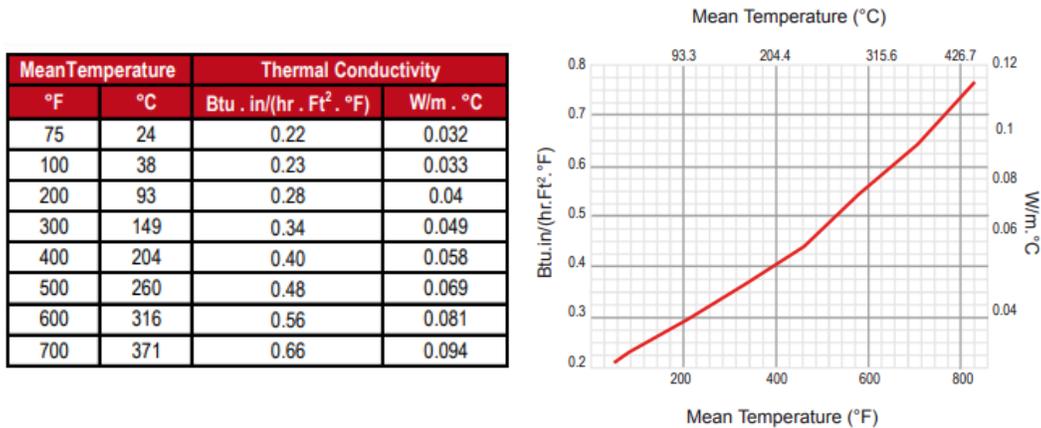


Figura 31. Temperatura vs. conductividad del aislamiento.

Esta información es proporcionada por el fabricante CALORCOL. (CALORCOL, s.f.). Luego de tener definidos los soportes a utilizar para cada tipo de tubería, se debe determinar qué cantidad de soportes se deben emplear en un tramo de tubería de X metros, ósea, definiendo la distancia a la que se debe ubicar el soporte para los diferentes tipos de tubería, su material y dependiendo lo que transportan. Esta información se puede ver en la Figura 32.

		1		2		3		4	
NOMINAL PIPE OR TUBE SIZE		STD WT STEEL PIPE				COPPER TUBE			
		WATER SERVICE		VAPOR SERVICE		WATER SERVICE		VAPOR SERVICE	
NPS-in	DN-mm	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m
1/4	8					5	1.5	5	1.5
3/8	10	7	2.1	8	2.4	5	1.5	6	1.8
1/2	15	7	2.1	8	2.4	5	1.5	6	1.8
3/4	20	7	2.1	9	2.7	5	1.5	7	2.1
1	25	7	2.1	9	2.7	6	1.8	8	2.4
1 1/4	32	7	2.1	9	2.7	7	2.1	9	2.7
1 1/2	40	9	2.7	12	3.7	8	2.4	10	3.0
2	50	10	3.0	13	4.0	8	2.4	11	3.4
2 1/2	65	11	3.4	14	4.3	9	2.7	13	4.0
3	80	12	3.7	15	4.6	10	3.0	14	4.3
3 1/2	90	13	4.0	16	4.9	11	3.4	15	4.6
4	100	14	4.3	17	5.2	12	3.7	16	4.9
5	125	16	4.9	19	5.8	13	4.0	18	5.5
6	150	17	5.2	21	6.4	14	4.3	20	6.1
8	200	19	5.8	24	7.3	16	4.9	23	7.0
10	250	22	6.7	26	7.9	18	5.5	25	7.6
12	300	23	7.0	30	9.1	19	5.8	28	8.5
14	350	25	7.6	32	9.8				
16	400	27	8.2	35	10.7				
18	450	28	8.5	37	11.3				
20	500	30	9.1	39	11.9				
24	600	32	9.8	42	12.8				
30	750	33	10.1	44	13.4				

Figura 32. Longitudes recomendadas para la instalación de soportes de tubería acero y de cobre (Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry. INC [MSS], 2009).

También se debe tener en cuenta en el caso de los soportes tipo 36 y 38, cuál debe ser el diámetro de la varilla que soporta el peso de la tubería recomendado para los diferentes tamaños de tubería, esta información se muestra en la Figura 33.

**Recommended Min. Rod Diameter for
Single Rigid Rod Hangers^{(a)(b)}**

		COLUMNS ^(c)		COLUMNS ^(c)	
		1,2,6,7		3,4,8,9,10	
Nominal Pipe or Tubing Size		Nominal Rod Dia.		Nominal Rod Dia.	
NPS-in	DN-mm	in	mm	in	mm
1/4	6			3/8	M10
3/8	10	3/8	M10	3/8	M10
1/2	15	3/8	M10	3/8	M10
3/4	20	3/8	M10	3/8	M10
1	25	3/8	M10	3/8	M10
1 1/4	32	3/8	M10	3/8	M10
1 1/2	40	3/8	M10	3/8	M10
2	50	3/8	M10	3/8	M10
2 1/2	65	1/2	M12	1/2	M12
3	80	1/2	M12	1/2	M12
3 1/2	90	1/2	M12	1/2	M12
4	100	5/8	M16	1/2	M12
5	125	5/8	M16	1/2	M12
6	150	3/4	M20	5/8	M16
8	200	3/4	M20	3/4	M20
10	250	7/8	M20	3/4	M20
12	300	7/8	M20	3/4	M20
14	350	1	M24		
16	400	1	M24		
18	450	1	M24		
20	500	1 1/4	M30		
24	600	1 1/4	M30		
30	750	1 1/4	M30		

Figura 33. Diámetro mínimo recomendado de varilla para el soporte. (Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry. INC [MSS], 2009).

Luego de definir lo anterior, es posible determinar cómo deben ser los soportes y cada cuanto deben ser instalados. Faltaría definir cuál es la distancia mínima que debe existir entre la parte inferior de la parte externa del aislamiento y la base que sostiene el soporte (Figura 34). Esta distancia debe ser mínimo de 1 pulgada, según diferentes consultas en internet, puesto que no se pudo encontrar en ningún estándar esta dimensión. El fabricante del aislamiento recomendó de 2 a 3 pulgadas, por lo que este es un buen rango en el que se puede tomar esta medida especificada.

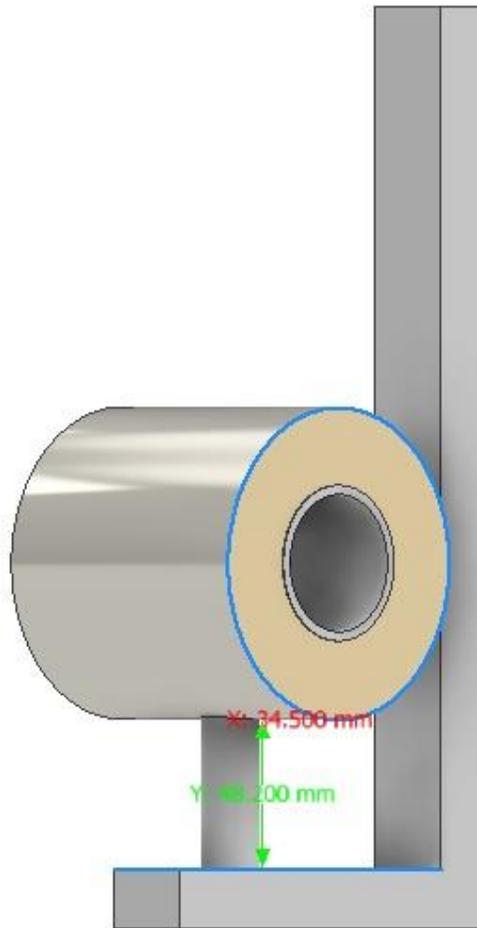


Figura 34. Distancia de la base del soporte al inferior del aislamiento.

Empaquetadura de las bridas y uniones universales SMS

En el vasto y diverso mundo de la ingeniería y la construcción, las uniones de bridas y las uniones universales juegan un papel crucial en la interconexión de diversos sistemas y equipos. Estas conexiones permiten el flujo fluido de líquidos, gases o sólidos a través de tuberías y conductos en una amplia gama de aplicaciones industriales, desde procesos químicos hasta sistemas de calefacción y refrigeración. Uno de los aspectos fundamentales para garantizar el funcionamiento seguro y eficiente de estas conexiones es la selección y el uso adecuado de los empaques.

Los empaques desempeñan un papel esencial al proporcionar un sellado hermético que evita fugas, minimiza la pérdida de fluidos y reduce el riesgo de contaminación o daños en el entorno circundante. Con base en esto, se debe determinar qué tipo de empaquetadura se debe emplear para los diferentes requerimientos de uniones, además de si se emplea en aplicaciones de alta o baja

presión y de alta o baja temperatura, y teniendo en consideración si debe ser de carácter alimenticio o no es necesario que sea así.

Por lo anterior, en el caso de las tuberías sanitaria, la cual cuenta con unión universal, se emplean empaques de silicona. Estos proporcionan un sello ideal para esta aplicación, además de ser compatibles para el contacto con alimentos. Estos empaques van en una ranura que poseen uno de los lados de la unión universal, la Figura 35 muestra la forma de estos empaques.



Figura 35. Empaque de silicona para unión universal SMS.

Para la unión por medio de bridas que están en contacto con el producto, también se emplean empaques de silicona. A diferencia de las anteriores, estos empaques ocupan el espacio completo de unión entre las caras de las bridas con sus respectivas perforaciones, la forma de estos empaques se muestra en la Figura 36.



Figura 36. Empaque de silicona para unión entre bridas de tipo sanitario.

Para la unión entre bridas para las aplicaciones de transporte de vapor, agua helada, agua caliente, agua potable y condensado, se emplean empaques espiro metálicos. Estos proporcionan una buena adaptabilidad a los cambios de longitud de las tuberías gracias a las expansiones y contracciones térmicas, debido a los cambios de temperatura, brindando un sellado eficaz. En los empaques espiro metálicos existen diferentes colores los cuales se emplean en diferentes aplicaciones, a continuación se presenta la relación de los colores (Figura 37).

Identificación de colores winding

Material del espiral metálico	Color	Material del relleno no metálico	Color
Acero Inoxidable 304	Amarillo	PTFE	Blanco
Acero Inoxidable 316L	Verde	Cerámica	Verde
Acero Inoxidable 317L	Marrón	Grafito Flexible	Gris
Acero Inoxidable 321	Azul	Mica Grafito Mica (HTG)	Azul
Acero Inoxidable 347	Turquesa		
Monel	Naranja		

Figura 37. Materiales según el color del empaque espiro metálico.

En este caso se emplean espiro metálicos amarillos, que son de acero inoxidable 304, los cuales proporcionan una resistencia a la corrosión adecuada para las aplicaciones y los requerimientos, la forma de los empaques espiro metálicos es la siguiente (Figura 38).



Figura 38. Empaque espiro metálico para unión entre bridas.

6.4 Capacitación del personal técnico

Luego de lograr los objetivos planteados para el proceso de estandarización, se diseñó un proceso de capacitación, por medio de presentaciones, con el fin de divulgar la información y reforzar los conocimientos de los colaboradores de la empresa.

Al momento de realizar la divulgación de la información se atendieron a las recomendaciones aportadas con base en la experiencia del personal, logrando, luego de diferentes iteraciones, obtener una documentación basada en las normas y desarrollos ingenieriles complementada por la experiencia técnica del personal.

Además de las capacitaciones principales referentes a cada objetivo de este proceso académico, se realizaron capacitaciones adicionales debido a las necesidades particulares que se presentaron a lo largo de estos 6 meses del proceso. Todas las capacitaciones realizadas al personal técnico se pueden observar en el Anexo 5.

8 Conclusiones

- En términos generales, fue posible realizar la estandarización del proceso de fabricación y montaje de la tubería encamisada para el transporte de materias primas.

- Se logró entender la necesidad de mejora de los principales procesos que se involucran en la fabricación y el montaje de la tubería sanitaria encamisada, brindando así una guía del paso a paso que se debe intervenir para su mejora.

- La estandarización de las dimensiones de los diferentes tipos de tuberías (rectas, codos, Tees), fue satisfactoria, la cual se pone de manifiesto por medio de los planos de fabricación. Esto con el ánimo de facilitar fabricación de los elementos, tanto a los colaboradores actuales y futuros, garantizando el cumplimiento de los requerimientos dados por el cliente. Esto permitiría reducir los tiempos de fabricación, puesto que ya se tienen consignada la información sobre las longitudes de corte de los diferentes tramos de tubería, para diferentes diámetros. Además, esto posibilita el análisis de un proyecto de línea de tubería, y determinar la cantidad de los elementos que la componen se pueden realizar con los planos estándar. Así, se realizar una prefabricación de los elementos estándar y reducir el tiempo de ejecución del proyecto. Ligado a lo anterior, se logró obtener la parametrización y digitalización en software CAD de estos tipos de tubería, lo cual permite, si se requiere, generar planos de tuberías especiales respetando de igual manera los requerimientos del cliente, esto permite también diseñar líneas de tuberías si es requerido.

- El diseño generado para mejorar el proceso de corte logro adaptarse a las necesidades de espacio y funcionalidad que se plantearon, sin embargo, no se pudo llevar a cabo su implementación, esto puede generar que se requieran ajustes y mejoras para poder garantizar que cumpla la función para lo cual fue diseñado.

- La estandarización de los procesos de soldadura fue satisfactoria, aunque no se pudo obtener un WPS precalificado para la tubería sanitaria. Fue posible diseñar una guía de soldadura la cual está basada en una serie de estándares y normas internacionales que permiten garantizar un análisis adecuado de la definición de parámetros y configuración de las juntas. Se logró obtener un WPS precalificado para la tubería SCH 10 para servicios industriales, el cual al ser contrastado con un WPS calificado, permite evidenciar que los valores consignados en el WPS precalificado son muy aproximados al WPS calificado. Esto da a entender que se hizo un buen análisis del proceso y da más veracidad a los resultados obtenidos en la guía de soldadura para la tubería sanitaria

encamisada, puesto que este proceso de realizo de igual manera que para el WPS precalificado de la tubería SCH 10. Sumado a los resultados obtenidos en la tubería sanitaria encamisada, se logró estandarizar los criterios de aceptación para este tipo de tubería, de igual manera que en todos los campos abordados en el proyecto, bajo normativas internacionales.

- El estudio con el fin de estandarizar los procesos de montaje fue acertado, puesto que se pudo determinar los tipos de soporte que deben ser empleados para los diferentes tipos de tubería: TSE y tuberías de servicios industriales. Además, fue posible establecer la distancia entre soportes para estos elementos y cuáles deben ser los diámetros de las barras de los soportes, según sus dimensiones. También se pudo determinar el tipo de empaquetadura, según la necesidad y el tipo de unión mecánica aplicada (brida o unión universal SMS). Toda esta información permitió diseñar una guía estándar, según las normativas internacionales sobre los soportes y el montaje de la tubería, esto permite además tener una mejor visión a la hora de realizar cotizaciones de proyectos.

- La capacitación al personal técnico se alcanzó de manera acertada, generando una serie de presentaciones las cuales aportaron al conocimiento de los colaboradores. Además, los documentos de la capacitación quedan como registro para la capacidad del personal futuro. Gracias a la combinación del conocimiento ingenieril y la experiencia del personal técnico, después de cada capacitación fue posible la retroalimentación de la información, logrando consolidar una documentación que servirá de ahora en adelante para capacitar al nuevo personal en el momento que se requiera.

9 Recomendaciones

Se recomienda en futuras investigaciones relacionadas con el tema, hondar más en cada uno de los temas específicos que aborda esta investigación, es de recordar que este documento es una guía inicial de estandarización de procesos de fabricación y montaje de tubería, por lo que se sugiere indagar más en cada proceso que se describe en este documento, siempre ligado de los estándares internacionales de fabricación y montaje.

Referencias

- American Society of Mechanical Engineers [ASME]. (2015). *Boiler and Pressure Vessel Code*. ASME.
- American Welding Society [AWS]. (2017). *Structural Welding Code - Stainless Steel (3a ed.)*. AWS.
- American Welding Society [AWS]. (2009). *Specification for Welding of Austenitic Stainless Steel Tube and Pipe Systems in Sanitary (Hygienic) Applications (2a ed.)*. AWS.
- Callister W. D. & Rethwisch D.G. (2018). *Materials Science and Engineering: An Introduction (10 ed.)*. John Wiley & Sons.
- CALORCOL. (n.d.). *CALORCOL*. Retrieved from <https://calorcol.com/wp-content/uploads/2022/09/CANUELAS-en-LMR.pdf>
- Compañía Nacional de Chocolates. (n.d.). Elementos de un proceso productivo. *Foto con aprobación de los colaboradores de la compañía*. Compañía Nacional de Chocolates.
- Dixon S. L. & Hall C. A. (2013). *Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery (7 ed.)*. Butterworth-Heinemann.
- Doyle M. P. & Buchanan R. L. (EDS.). (2013). *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers (4 ed.)*. ASM Press.
- Econexia. (2024). *Econexia*. Retrieved from Econexia: <https://econexia.com/es>
- Hobart Institute of Welding Technology. (1995). *Gas Tungsten Arc Welding*. Hobart Institute of Welding Technology.
- International Organization for Standardization (ISO). (2018). *Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos — Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria*. Secretaría Central de ISO.
- Kalpakjian S. & Schmid S.R. (2014). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología (7 ed.)*. Pearson.
- Kalpakjian S. & Schmid S.R. (2017). *Manufacturing Processes for Engineering Materials (6 ed.)*. Pearson.
- Manuel Arcila. (2018). *Soldadura y corte de los aceros inoxidable*. Cedinox.
- Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry. INC [MSS]. (2009). *Pipe Hangers and Supports Materials, Design, Manufacture, Selection, Application and Installation*. MSS.

Ministerio de Salud. (2013). *Resolución 2674*.

Nutresa, G. (2024). *Grupo Nutresa*. Retrieved from Grupo Nutresa: <https://gruponutresa.com/>

Proveedor. (2019 - 2022). Composición química A/I .

Anexos

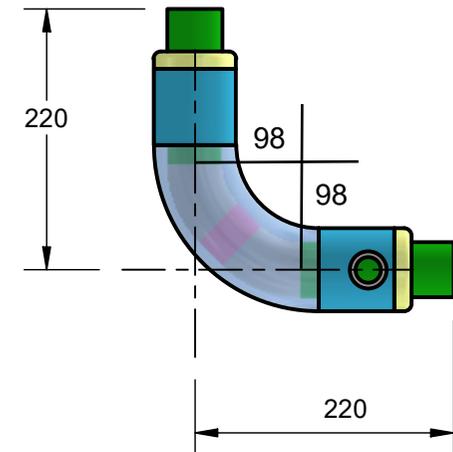
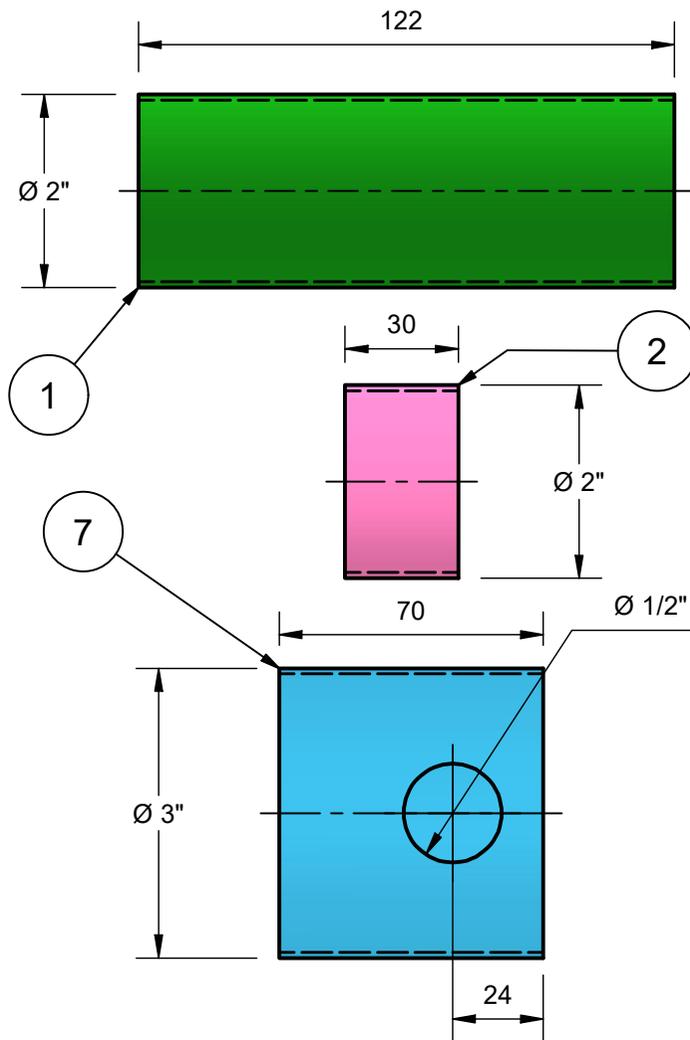
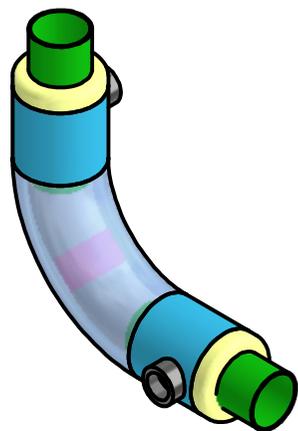
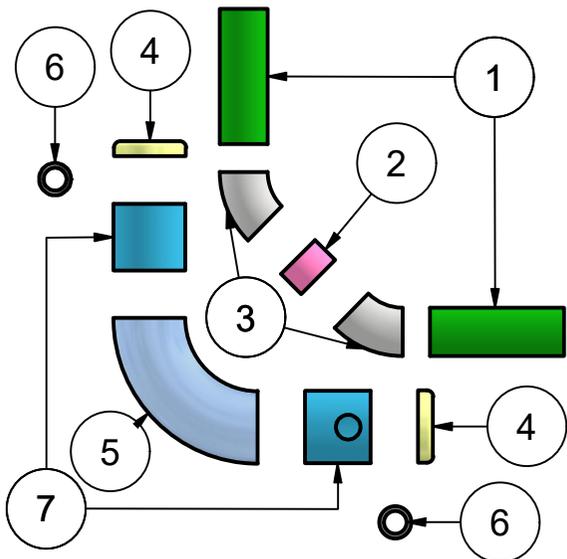
Anexo 1. Planos de tubería sanitaria encamisada estándar.

Anexo 2. Instructivo de fabricación de los diferentes tipos de tubería sanitaria encamisada.

Anexo 3. Guía de soldadura para tubería sanitaria.

Anexo 4. PWPS para junta a tope de tubería inoxidable SHC 10.

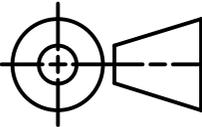
Anexo 5. Capacitaciones técnicas.

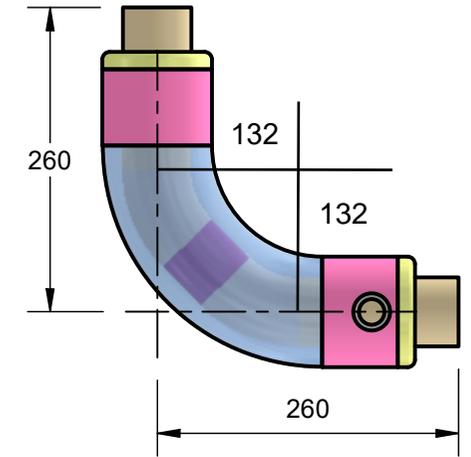
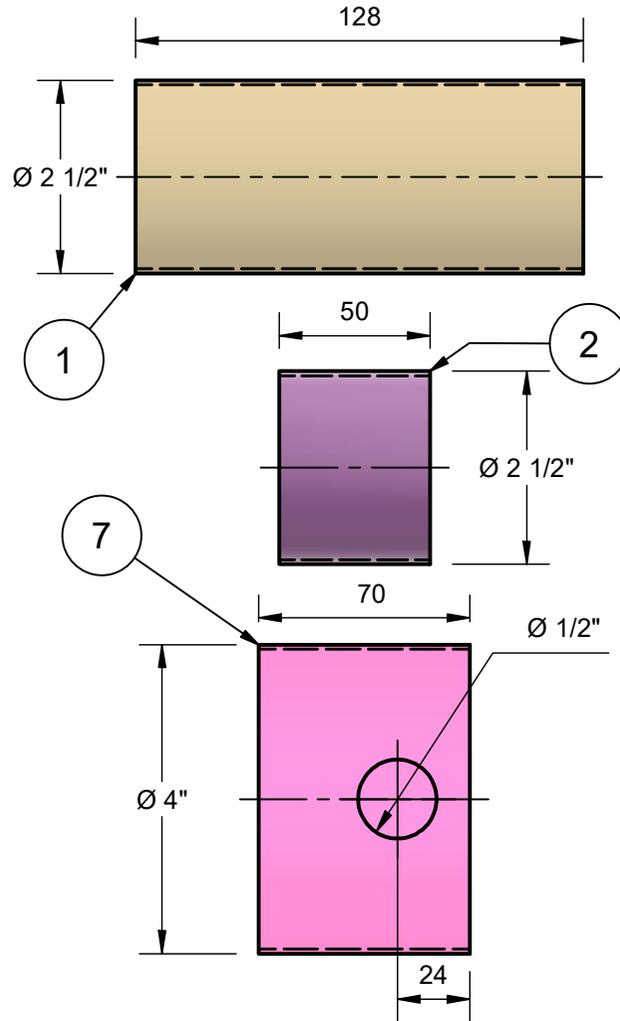
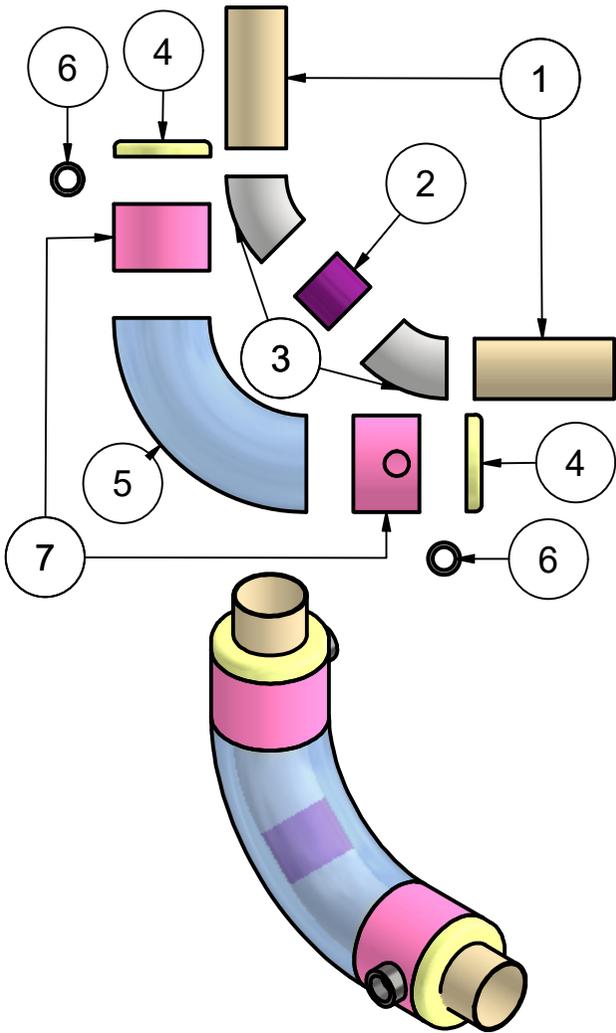


- NOTA:
- CODO ESTÁNDAR SANITARIO 3" EN 2".
 - TODAS LAS MEDIDAS EN mm EXCEPTO ESPECIFICAS EN in.
 - LOS ELEMENTOS 3, 4 Y 5 SON ELEMENTOS COMPRADOS QUE NO NECESITAN FABRICACIÓN POR LO QUE NO SE ESPECIFICAN MEDIADAS.
 - LOS ELEMENTOS 6 REQUIEREN CORTE Y PREPARACIÓN DE JUNTA PARA SER SOLDADOS.

LISTA DE PARTES

ITEM	QTY	DESCRIPCIÓN
1	2	TUB.SNT.2"X1.5 mm(INTERNA)
2	1	TUB.SNT.2"X1.5 mm(INT.CENT.)
3	2	SEMICODO SANITARIO 2"
4	2	TAPA CAP SANITARIA 3" A 2"
5	1	CODO SANITARIO 3"
6	2	UNION ROSCADA 3/4 " SCH 40
7	2	TUB.SNT.3"X1.65mm(EXTERNA)

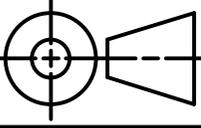
01	CODO ESTANDAR 3" EN 2"	1	A4-01	ASTM A 270 TP 304	278mm x 278mm	CORTADO Y SOLDADO
Ref.	Descripción	Cantidad	Plano Ref.	Material	Especificaciones	Observaciones
		FAISMON S.A.S CNCH FABRICACIÓN Y MONTAJE				
 CODO ESTANDAR					ARCHIVO: A4-01	ESC: 1:2 FCH: 16/01/2024 O.T.:
DIS: SANTIAGO ARBELÁEZ (ING)			DIB: SANTIAGO ARBELÁEZ (ING)		MOD: 01	
APRB: NORBERTO (ING)			REV: NORBERTO (ING)		PL.No: 01	

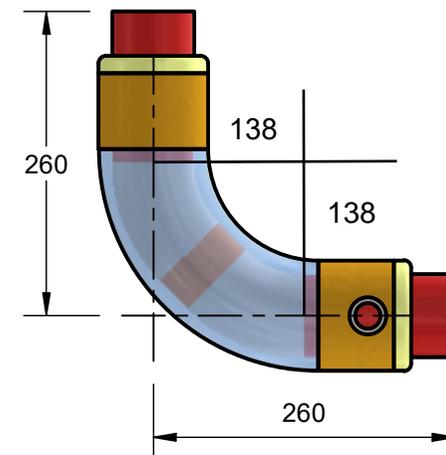
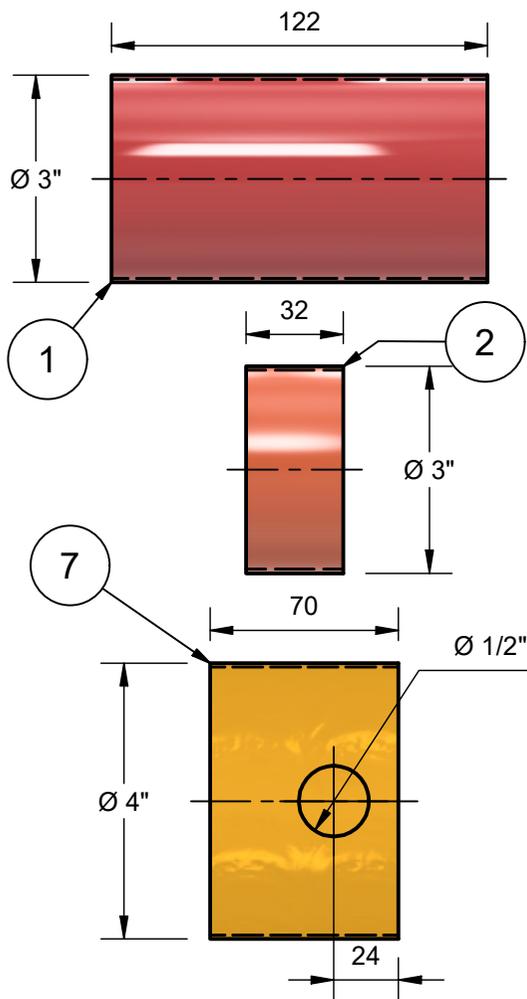
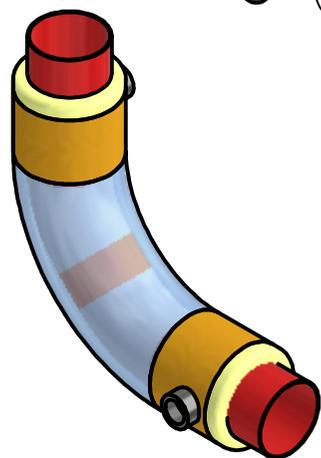
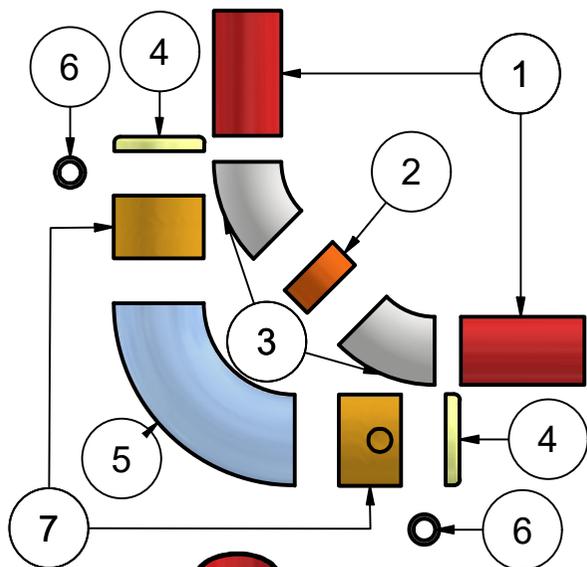


NOTA:
 - CODO ESTÁNDAR SANITARIO 4" EN 2 1/2".
 - TODAS LAS MEDIDAS EN mm EXCEPTO ESPECIFICAS EN in.
 - LOS ELEMENTOS 3, 4 Y 5 SON ELEMENTOS COMPRADOS QUE NO NECESITAN FABRICACIÓN POR LO QUE NO SE ESPECIFICAN MEDIADAS.
 - LOS ELEMENTOS 6 REQUIEREN CORTE Y PREPARACIÓN DE JUNTA PARA SER SOLDADOS.

LISTA DE PARTES

ITEM	QTY	DESCRIPCIÓN
1	2	TUB.SNT.2 1/2"X1.5 mm(INT.)
2	1	TUB.SNT.2 1/2"X1.5 mm(CENT.)
3	2	SEMICODO SANITARIO 2 1/2"
4	2	TAPA CAP SANIT. 4" A 2 1/2"
5	1	CODO SANITARIO 4"
6	2	UNION ROSCADA 3/4 " SCH 40
7	2	TUB.SNT.4"X1.65mm(EXTERNA)

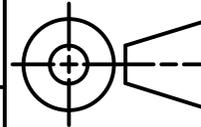
01	CODO ESTANDAR 4" EN 2 1/2"	1	A4-01	ASTM A 270 TP 304	331mm x 331mm	CORTADO Y SOLDADO
Ref.	Descripción	Cantidad	Plano Ref.	Material	Especificaciones	Observaciones
		FAISMON S.A.S CNCH FABRICACIÓN Y MONTAJE				 ESC: 1:2
 CODO ESTANDAR					ARCHIVO: A4-01	FCH: 16/01/2024 O.T.:
DIS: SANTIAGO ARBELÁEZ				DIB: SANTIAGO ARBELÁEZ		MOD: 01
APRB: NORBERTO				REV: NORBERTO		PL.No: 01

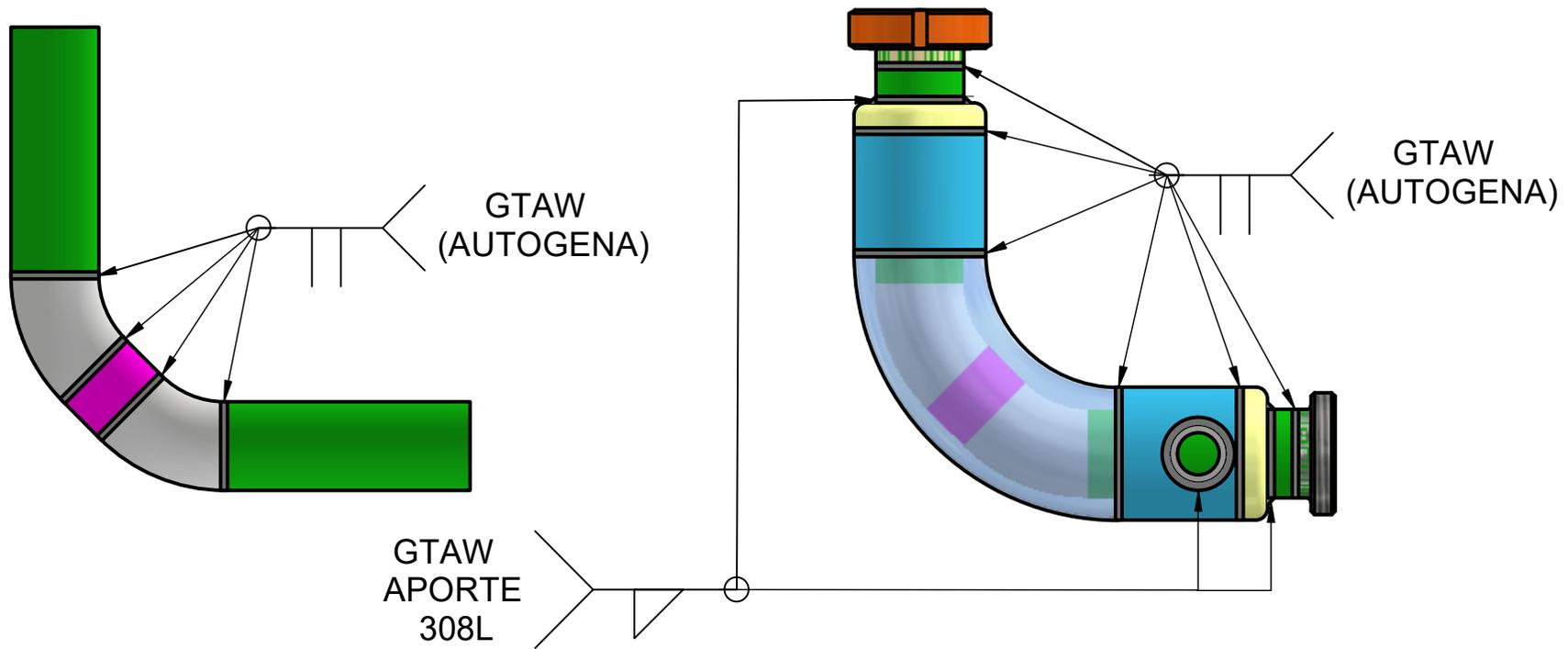


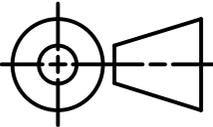
NOTA:
 - CODO ESTÁNDAR SANITARIO 4" EN 3".
 - TODAS LAS MEDIDAS EN mm EXCEPTO ESPECIFICAS EN in.
 - LOS ELEMENTOS 3, 4 Y 5 SON ELEMENTOS COMPRADOS QUE NO NECESITAN FABRICACIÓN POR LO QUE NO SE ESPECIFICAN MEDIADAS.
 - LOS ELEMENTOS 6 REQUIEREN CORTE Y PREPARACIÓN DE JUNTA PARA SER SOLDADOS.

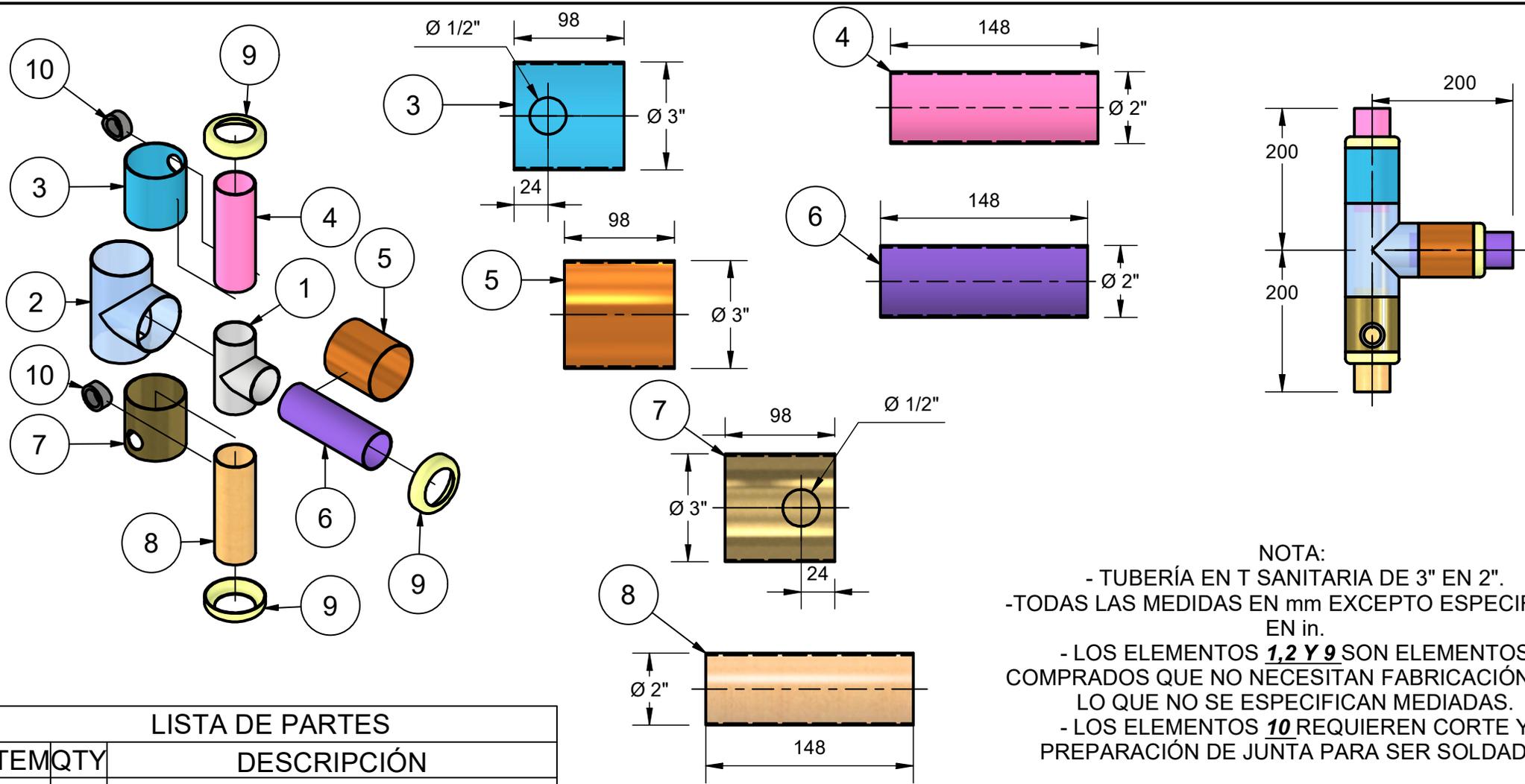
LISTA DE PARTES

ITEM	QTY	DESCRIPCIÓN
1	2	TUB.SNT.3"X1.5 mm(INTERNA)
2	1	TUB.SNT.3"X1.5 mm(INT.CENT.)
3	2	SEMICODO SANITARIO 3"
4	2	TAPA CAP SANIT. 4" A 3"
5	1	CODO SANITARIO 4"
6	2	UNION ROSCADA 3/4 " SCH 40
7	2	TUB.SNT.4"X1.65mm(EXTERNA)

01	CODO ESTANDAR 4" EN 3"	1	A4-01	ASTM A 270 TP 304	331mm x 331mm	CORTADO Y SOLDADO
Ref.	Descripción	Cantidad	Plano Ref.	Material	Especificaciones	Observaciones
 Faismon S.A.S	FAISMON S.A.S					
	CNCH					
	FABRICACIÓN Y MONTAJE					ESC: 1:2
	CODO ESTANDAR				ARCHIVO: A4-01	FCH: 16/01/2024
	DIS: SANTIAGO ARBELÁEZ (ING)			DIB: SANTIAGO ARBELÁEZ (ING)		O.T.:
	APRB: NORBERTO (ING)			REV: NORBERTO (ING)		MOD: 01
						PL.No: 01



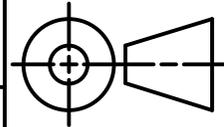
Ref.	Descripción	Cantidad	Plano Ref.	Material	Especificaciones	Observaciones
04	CODO ESTANDAR SOLDADURA	1	A4-04	ASTM A 270 TP 304	N . A	CORTADO Y SOLDADO
 <p style="text-align: center;">FAISMON S.A.S</p> <p style="text-align: center;">CNCH</p> <p style="text-align: center;">FABRICACIÓN Y MONTAJE</p>						
						ESC: 1:29
 <p style="text-align: center;">CODO ESTANDAR SOLDADURA</p>					ARCHIVO: A4-04	FCH: 16/01/2024
DIS: SANTIAGO ARBELÁEZ				DIB: SANTIAGO ARBELÁEZ		MOD: 04
APRB: NORBERTO				REV: NORBERTO		PL.No: 04

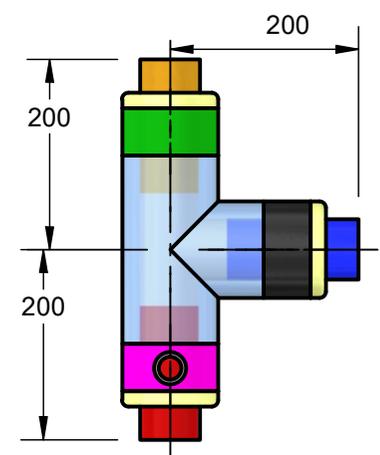
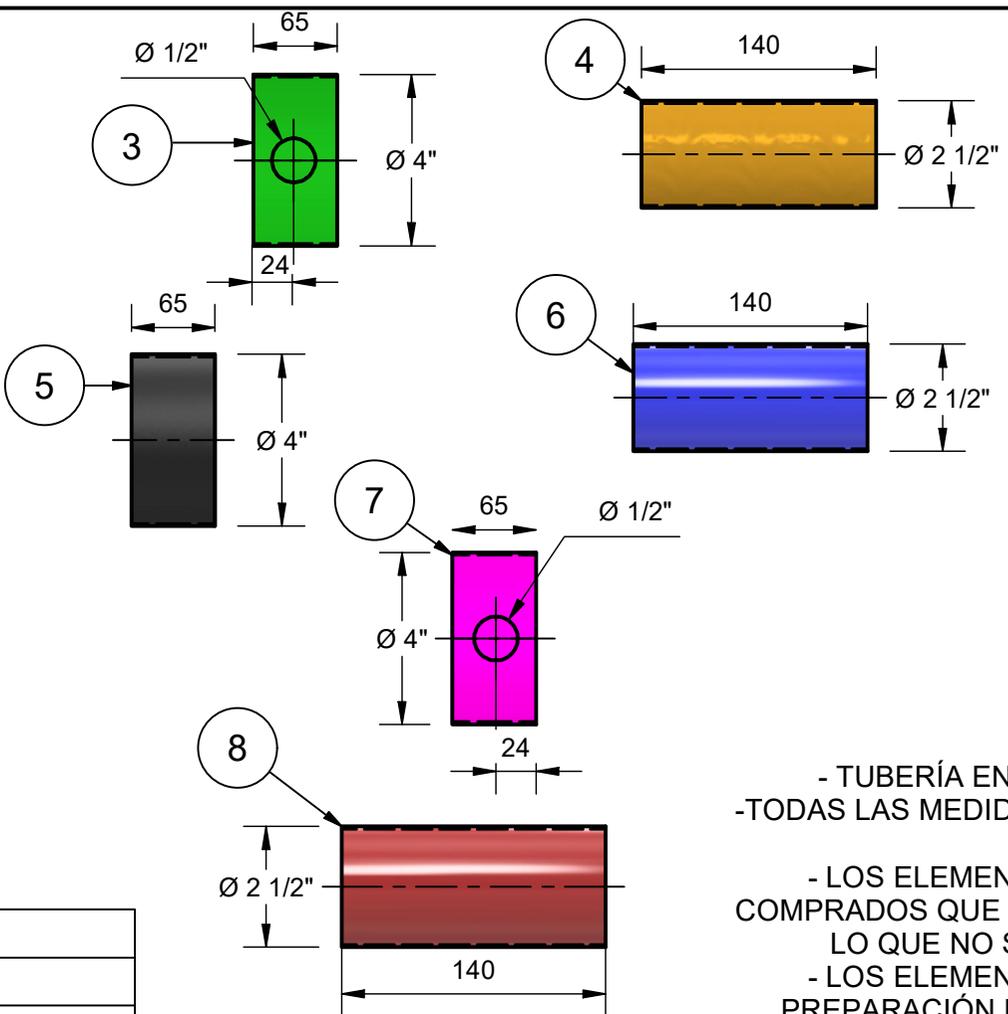
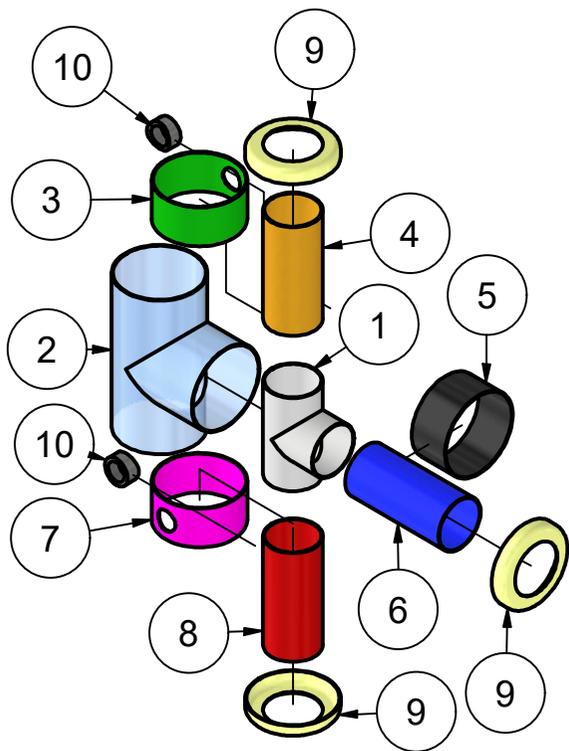


NOTA:
 - TUBERÍA EN T SANITARIA DE 3" EN 2".
 - TODAS LAS MEDIDAS EN mm EXCEPTO ESPECIFICAS EN in.
 - LOS ELEMENTOS **1,2 Y 9** SON ELEMENTOS COMPRADOS QUE NO NECESITAN FABRICACIÓN POR LO QUE NO SE ESPECIFICAN MEDIADAS.
 - LOS ELEMENTOS **10** REQUIEREN CORTE Y PREPARACIÓN DE JUNTA PARA SER SOLDADO.

LISTA DE PARTES

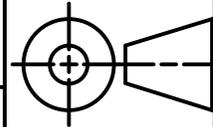
ITEM	QTY	DESCRIPCIÓN
1	1	T SANITARIA 2"
2	1	T SANITARIA 3"
3	1	TUB.SNT. 3"X1.65mm(SUPERIOR)
4	1	TUB.SNT. 2" X 1.5mm(SUPERIOR)
5	1	TUB.SNT. 3"X1.65mm(CENTRAL)
6	1	TUB.SNT. 2" X 1.5mm(CENTRAL)
7	1	TUB.SNT. 3"X1.65mm(INFERIOR)
8	1	TUB.SNT. 2" X 1.5mm(INFERIOR)
9	3	TAPA CAP SANITARIA 3" A 2"
10	2	UNION ROSCADA 3/4 " SCH 40

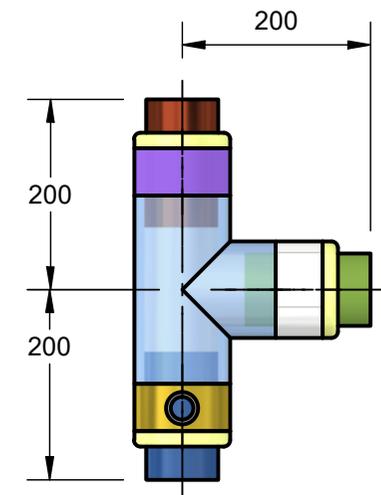
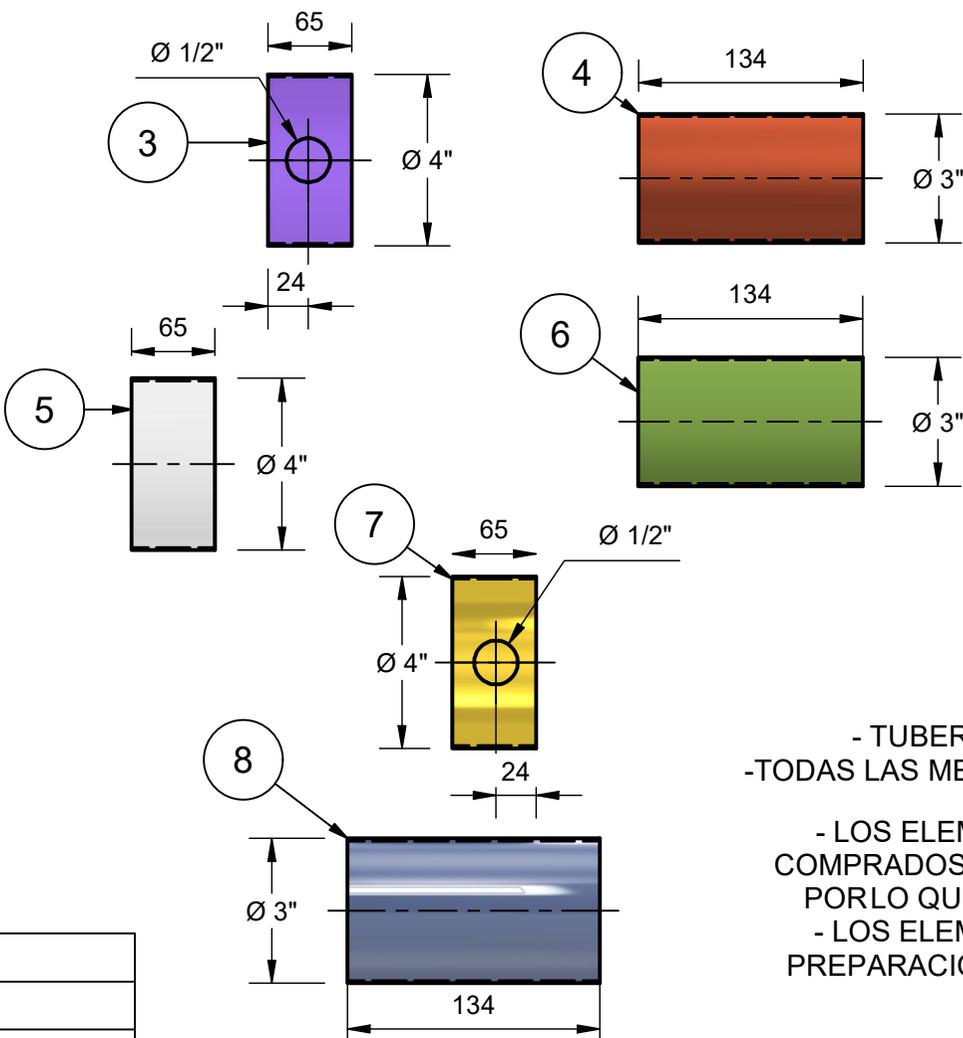
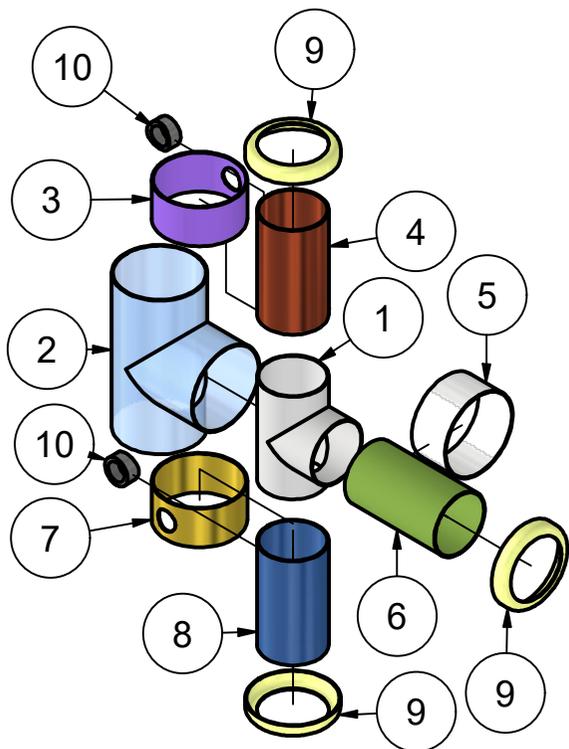
05	TUBERIA EN T 3" EN 2"	1	A4-05	ASTM A 270 TP 304	560 mm X 288mm	CORTADO Y SOLDADO
Ref.	Descripción	Cantidad	Plano Ref.	Material	Especificaciones	Observaciones
 Faismon S.A.S	FAISMON S.A.S					
	CNCH					
	FABRICACIÓN Y MONTAJE					
	TUBERIA EN T				ARCHIVO: A4-05	FCH: 16/01/2024
	DIS: SANTIAGO ARBELÁEZ			DIB: SANTIAGO ARBELÁEZ		O.T.:
	APRB: NORBERTO			REV: NORBERTO		MOD: 05
						PL.No: 05



NOTA:
 - TUBERÍA EN T SANITARIA DE 4" EN 2 1/2".
 - TODAS LAS MEDIDAS EN mm EXCEPTO ESPECIFICAS EN in.
 - LOS ELEMENTOS **1, 2 Y 9** SON ELEMENTOS COMPRADOS QUE NO NECESITAN FABRICACIÓN POR LO QUE NO SE ESPECIFICAN MEDIADAS.
 - LOS ELEMENTOS **10** REQUIEREN CORTE Y PREPARACIÓN DE JUNTA PARA SER SOLDADO.

LISTA DE PARTES		
ITEM	QTY	DESCRIPCIÓN
1	1	T SANITARIA 2 1/2"
2	1	T SANITARIA 4"
3	1	TUB.SNT. 4"X1.65mm(SUPERIOR)
4	1	TUB.SNT. 2 1/2" X 1.5mm(SUP.)
5	1	TUB.SNT. 4"X1.65mm(CENTRAL)
6	1	TUB.SNT. 2 1/2" X 1.5mm(CENT.)
7	1	TUB.SNT. 4"X1.65mm(INFERIOR)
8	1	TUB.SNT. 2 1/2" X 1.5mm(INF.)
9	3	TAPA CAP SANITARIA 4" A 2 1/2"
10	2	UNION ROSCADA 3/4 " SCH 40

05	TUBERIA EN T 4" EN 2 1/2"	1	A4-06	ASTM A 270 TP 304	560 mm X 288mm	CORTADO Y SOLDADO
Ref.	Descripción	Cantidad	Plano Ref.	Material	Especificaciones	Observaciones
	FAISMON S.A.S					
	CNCH					
	FABRICACIÓN Y MONTAJE					ESC: 1:4
	TUBERIA EN T				ARCHIVO: A4-06	FCH: 14/03/2024
	DIS: SANTIAGO ARBELÁEZ (ING)		DIB: SANTIAGO ARBELÁEZ (ING)		MOD: 01	
APRB: NORBERTO (ING)		REV: NORBERTO (ING)		PL.No: 01		

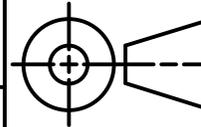


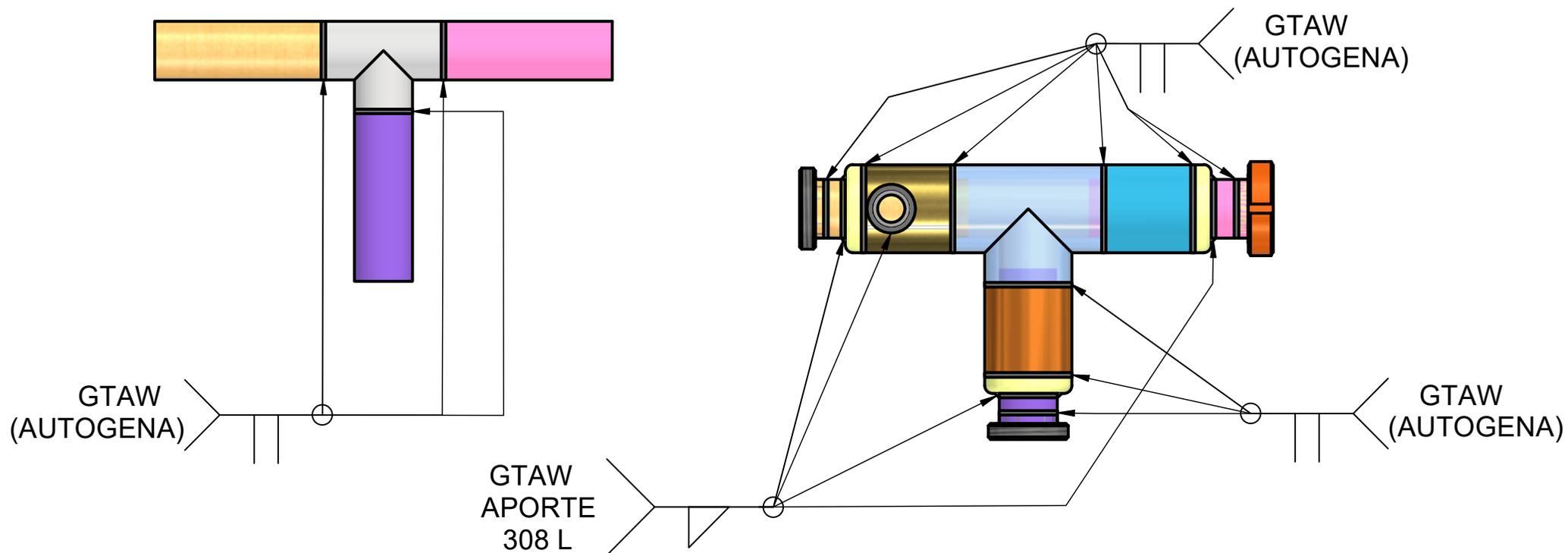
NOTA:
 - TUBERÍA EN T SANITARIA DE 4" EN 3".
 - TODAS LAS MEDIDAS EN mm EXCEPTO ESPECIFICAS EN in.
 - LOS ELEMENTOS **1, 2 Y 9** SON ELEMENTOS COMPRADOS QUE NO NECESITAN FABRICACIÓN POR LO QUE NO SE ESPECIFICAN MEDIADAS.
 - LOS ELEMENTOS **10** REQUIEREN CORTE Y PREPARACIÓN DE JUNTA PARA SER SOLDADO.

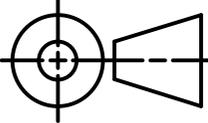
LISTA DE PARTES

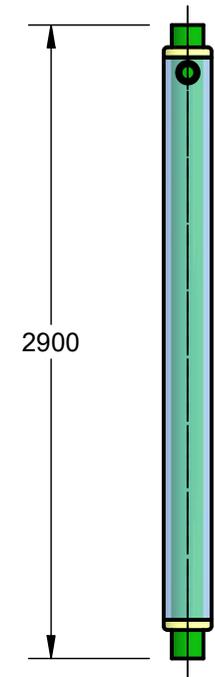
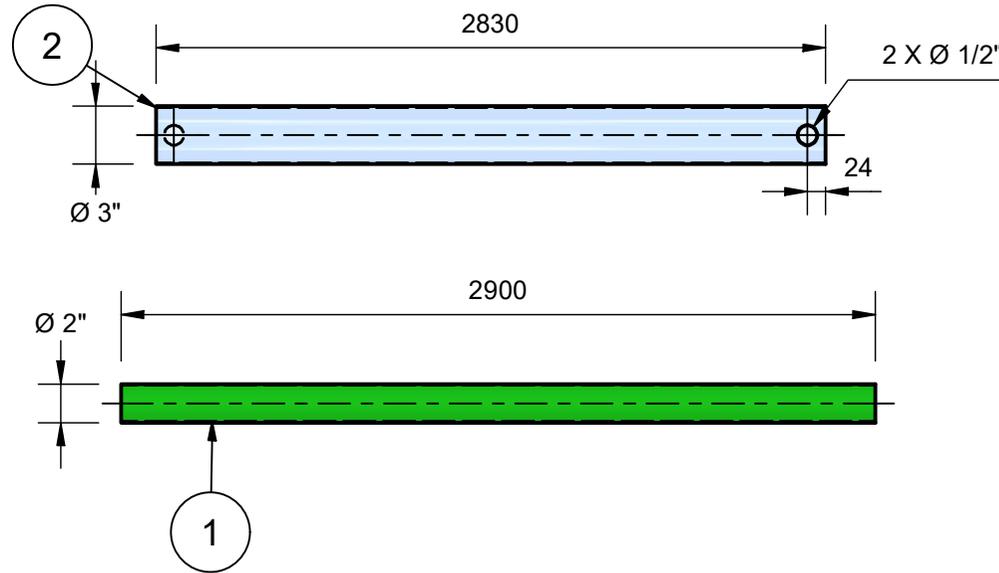
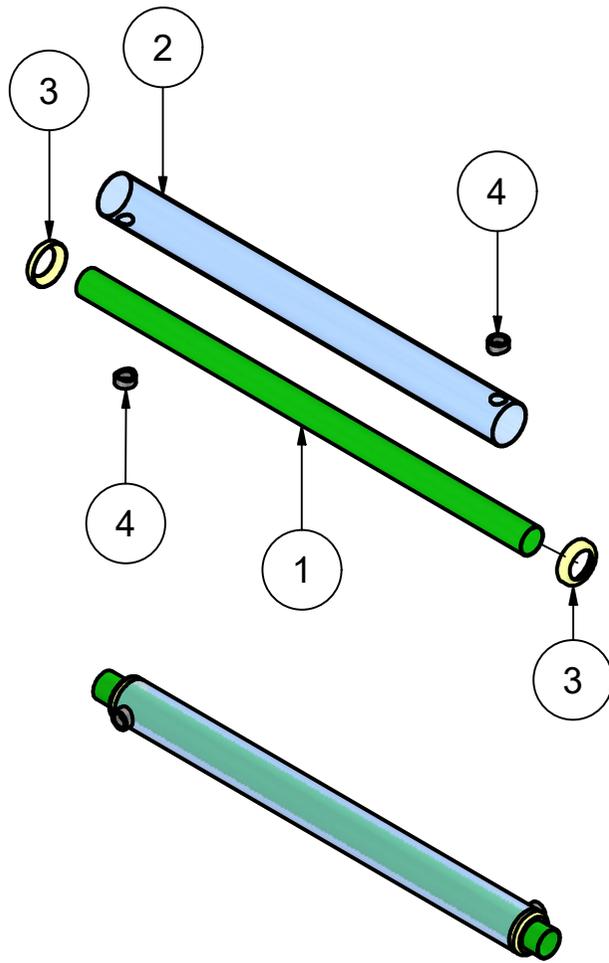
ITEM	QTY	DESCRIPCIÓN
1	1	T SANITARIA 3"
2	1	T SANITARIA 4"
3	1	TUB.SNT. 4"X1.65mm(SUPERIOR)
4	1	TUB.SNT. 3" X 1.5mm(SUPERIOR)
5	1	TUB.SNT. 4"X1.65mm(CENTRAL)
6	1	TUB.SNT. 3" X 1.5mm(CENTRAL)
7	1	TUB.SNT. 4"X1.65mm(INFERIOR)
8	1	TUB.SNT. 3" X 1.5mm(INFERIOR)
9	3	TAPA CAP SANITARIA 4" A 3"
10	2	UNION ROSCADA 3/4 " SCH 40

05	TUBERIA EN T 4" EN 3"	1	A4-07	ASTM A 270 TP 304	560 mm X 288mm	CORTADO Y SOLDADO
Ref.	Descripción	Cantidad	Plano Ref.	Material	Especificaciones	Observaciones

 Faismon S.A.S	FAISMON S.A.S				
	CNCH				
	FABRICACIÓN Y MONTAJE				
	TUBERIA EN T			ARCHIVO:	FCH: 14/03/2024
				A4-07	O.T.:
	DIS: SANTIAGO ARBELÁEZ (ING)		DIB: SANTIAGO ARBELÁEZ (ING)		MOD: 01
	APRB: NORBERTO (ING)		REV: NORBERTO (ING)		PL.No: 01

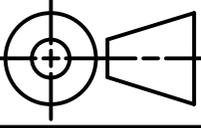


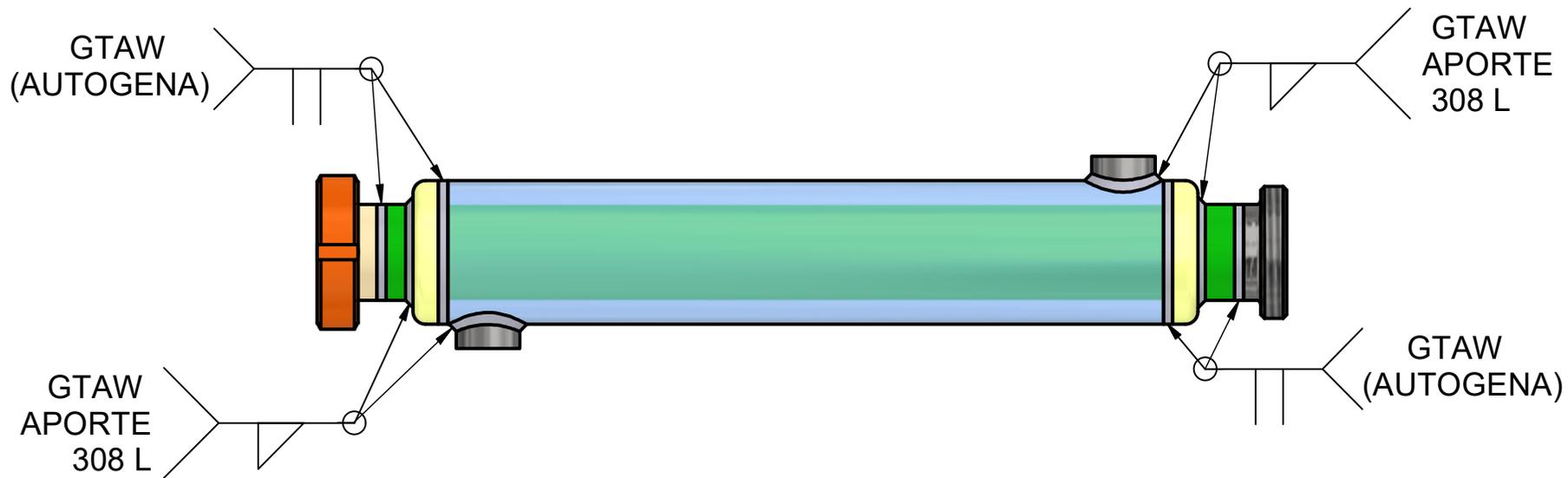
Ref.	Descripción	Cantidad	Plano Ref.	Material	Especificaciones	Observaciones
04	TUBERIA EN T SOLDADURA	1	A4-04	ASTM A 270 TP 304	N.A	CORTADO Y SOLDADO
 Faismon S.A.S	FAISMON S.A.S					
	CNCH					
	FABRICACIÓN Y MONTAJE					ESC: 1:29
	TUBERIA EN T SOLDADURA				ARCHIVO:	FCH: 16/01/2024
					A4-04	O.T.:
	DIS: SANTIAGO ARBELÁEZ			DIB: SANTIAGO ARBELÁEZ		MOD: 04
APRB: NORBERTO			REV: NORBERTO		PL.No: 04	

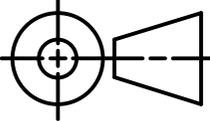


- NOTA:
- TUBERÍA RECTA SANITARIA DE 3" EN 2".
 - TODAS LAS MEDIDAS EN mm EXCEPTO ESPECIFICAS EN in.
 - LOS ELEMENTOS **3** SON ELEMENTOS COMPRADOS QUE NO NECESITAN FABRICACIÓN POR LO QUE NO SE ESPECIFICAN MEDIADAS.
 - LOS ELEMENTOS **4** REQUIERE PREPARACIÓN DE JUNTA PARA SER SOLDADO.

LISTA DE PARTES

ITEM	QTY	DESCRIPCIÓN	04	RUBERIA RECTA 3" EN 2"	1	A4-04	ASTM A 270 TP 304	1000 mm X 3 in	CORTADO Y SOLDADO
ITEM	QTY	DESCRIPCIÓN	Ref.	Descripción	Cantidad	Plano Ref.	Material	Especificaciones	Observaciones
1	1	TUBERIA SANITARIA 2" X 1.5 mm ESPESOR	 Faismon S.A.S.	FAISMON S.A.S					
2	1	TUBERIA SANITARIA 3" X 1.65 mm ESPESOR		CNCH					
3	2	TAPA CAP SANITARIA 3" A 2"	FABRICACIÓN Y MONTAJE					ESC: 1:29	
4	2	UNION ROSCADA 3/4 " SCH 40		TUBERIA RECTA			ARCHIVO:	FCH: 16/01/2024	
							A4-04	O.T.:	
				DIS: SANTIAGO ARBELÁEZ			DIB: SANTIAGO ARBELÁEZ		MOD: 04
			APRB: NORBERTO			REV: NORBERTO		PL.No: 04	



Ref.	Descripción	Cantidad	Plano Ref.	Material	Especificaciones	Observaciones
04	TUBERIA RECTA SOLDADURA	1	A4-04	ASTM A 270 TP 304	N.A	CORTADO Y SOLDADO
 Faismon S.A.S	FAISMON S.A.S					
	CNCH					
	FABRICACIÓN Y MONTAJE					ESC: 1:29
	TUBERIA RECTA SOLDADURA				ARCHIVO: A4-04	FCH: 16/01/2024
	DIS: SANTIAGO ARBELÁEZ			DIB: SANTIAGO ARBELÁEZ		O.T.:
	APRB: NORBERTO			REV: NORBERTO		MOD: 04
						PL.No: 04

Instrucciones de fabricación codo estándar.

1-Tome la unión universal (SMS) que va a utilizar para la fabricación del codo y mida cada uno de sus accesorios que se van a soldar (Hembra lisa, Macho roscado), anótelos para un paso posterior, mire Imagen 1 y 2

TUERCA ROSCADA HEMBRA LISA EMPAQUE MACHO ROSCADO



Imagen 1. Elementos de la unión universal (SMS).

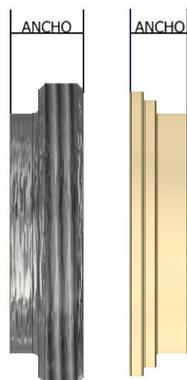


Imagen 2. Medida requerida en el paso 1

- 2-Cortar a la longitud especificada los dos tramos de tubería interna ¹.
- 3-Cortar a la medida especificada en el plano el niple interno que une los 2 semi codos ² y los dos tramos de tubería externa ⁷, estos dos últimos ⁷ sin realizar todavía la perforación que se muestra en el plano.
- 4-Soldar un tramo de tubería interna ¹, el niple interno ² y ambos semi codos ³, todos con sus respectivas medidas de protección y purga de gas de protección, mire Imagen 3



Imagen 3. Imagen de referencia para el paso 4.

5-Insertar el codo exterior (5), posteriormente soldar el otro tramo de tubería interna (1) con el conjunto anteriormente soldado, mire Imagen 4.

6-Insertar y soldar las 2 tuberías externas (7) con el codo exterior (5)

7-Soldar las dos tapa cap (4) con las tuberías externas (7) y a su vez con el conjunto anteriormente soldado (paso 4 y 5), mire Imagen 5.



Imagen 4. Imagen referente al paso 5.



Imagen 5. Imagen referente al paso 6.

8-Soldar los accesorios de la unión universal (SMS), en los extremos.

9-Las uniones roscadas $\frac{3}{4}$ " SCH 40 (6) se deben preparar, primero se deben cortar en 2, puesto que viene un elemento largo, luego se deben preparar para que se acomoden a la forma de la tubería externa (7).

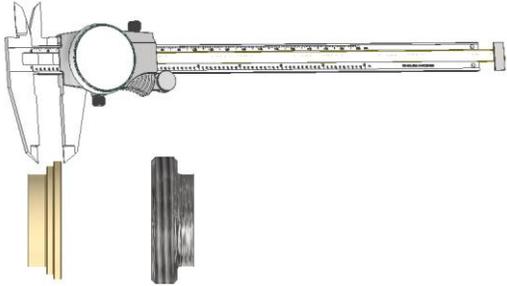
10-Finalmente realizar la perforación mostrada en el plano de las 2 tuberías externas (7) y soldar las uniones roscadas $\frac{3}{4}$ " SCH 40 (6) en estas perforaciones.

11-El avance de cada extremo será el diseño estándar mas cada accesorio de unión universal SMS que se le suelde, para diseñar correctamente se le suma a este la medida tomada en el primer paso

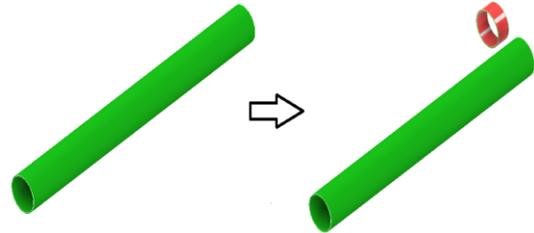
NOTA: Observe y lea bien el plano, allí se muestran las medidas y como debe quedar ensamblado el codo, los codos de 3" en 2" deben tener un avance estándar de 220 mm, los codos de 4" en 2 ½" y de 4" en 3" deben tener un avance estándar de 260 mm.

PASO A PASO ILUSTRATIVO.

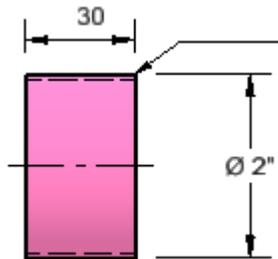
PASO 1. MEDIR ESPESOR DE LAS UNIONES UNIVERSALES A SOLDAR



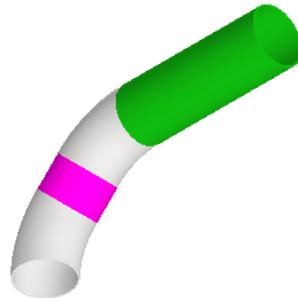
PASO 2. CORTAR TUBERIAS INTERNAS A LA MEDIDA ESPECIFICADA EN EL PLANO



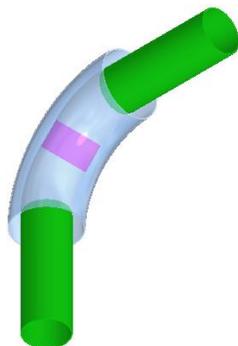
PASO 3. CORTAR A LA MEDIDA DADA EN EL PLANO EL NIPLE INTERNO



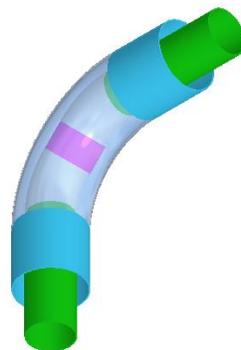
PASO 4. SOLDAR LOS DOS SEMI CODOS AL NIPLE INTERNO Y UNA DE LAS TUBERIAS INTERNAS A UN SEMI CODO



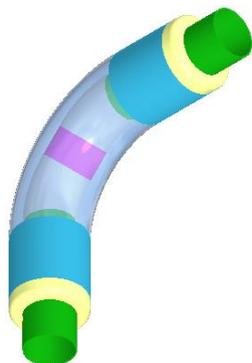
PASO 5. INSERTAR EL CODO EXTERNO Y SOLDAR LA OTRA TUBERIA INTERNA



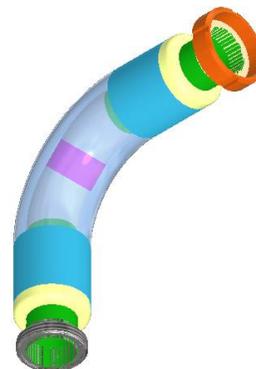
PASO 6. SOLDAR LAS DOS TUBERÍAS EXTERNAS AL CODO EXTERNO



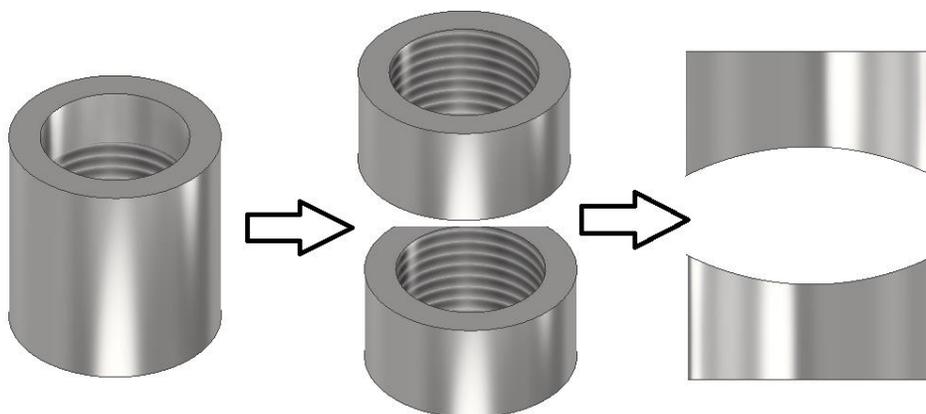
PASO 7. INSERTAR Y SOLDAR LAS DOS TAPA CAP A LAS TUBERIAS EXTERNAS



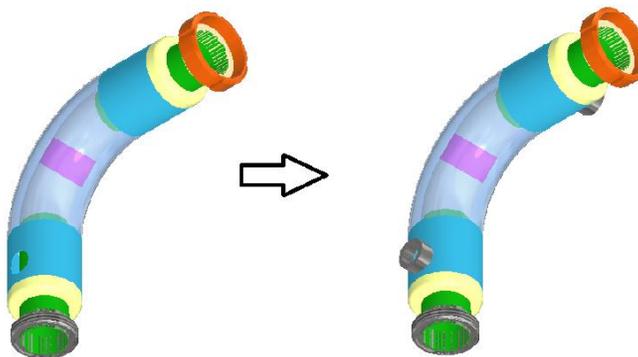
PASO 8. SOLDAR LOS ACCESORIOS (SMS) A SU RESPECTIVA TUBERIA INTERNA



PASO 9. CORTE EN 2 LA UNION ROSCADA 3/4" SCH 40 Y REALICE PREPARACION DE JUNTA PARA SOLDAR A LA TUBERIA



PASO 10. REALICE LAS PERFORACIONES DE LAS TUBERIAS EXTERNAS Y SUELDE LAS UNIONES ROSCADAS DE 3/4" SCH 40



Instrucciones de fabricación de tubería en T estándar.

1-Tome la unión universal (SMS) que va a utilizar para la fabricación del codo y mida cada uno de sus accesorios que se van a soldar (Macho liso, Macho roscado), anótelos para un paso posterior, mire Imagen 1 y 2

TUERCA ROSCADA

HEMBRA LISA

EMPAQUE

MACHO ROSCADO

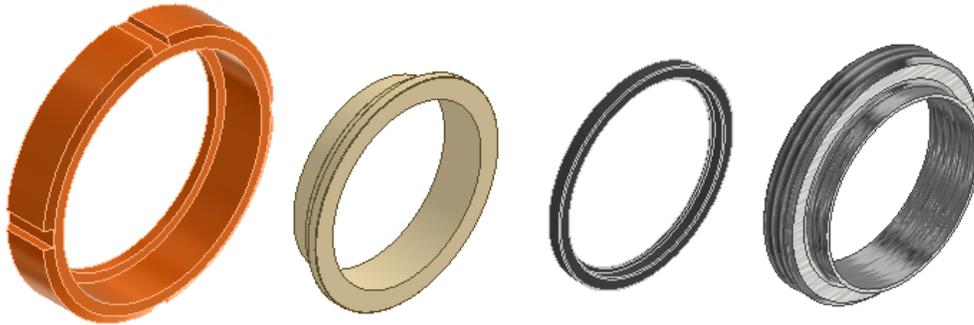


Imagen 1. Elementos de la unión universal (SMS).

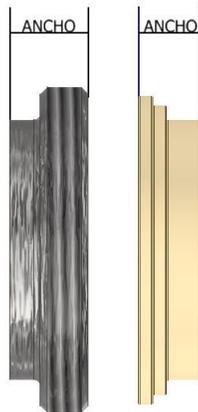


Imagen 2. Medida requerida en el paso 1

2-Tomar la T interna ¹, y cortar el niple central una distancia que permita que esta entre en la T externa ², tener en cuenta la medida restada para posteriormente compensarla en la tubería interna central ⁶.

3-A la longitud de la tubería interna central ⁶ y sumarle la medida que se le quito a la T interna ¹ en el paso 2, luego de realizar la operación, cortar el tramo de tubería con la medida calculada.

4-A la longitud de las tuberías internas superior ⁽⁴⁾ e inferior ⁽⁸⁾ cortar los tramos de tubería con las medidas dadas en el plano respectivamente.

5-Tomar la T externa ⁽²⁾, y cortarle el niple central una distancia que permita que la T interna ⁽¹⁾ pueda ser soldada con la tubería interna central ⁽⁶⁾, tener en cuenta la medida restada para posteriormente compensarla en la tubería externa central ⁽⁵⁾.

6-A las dimensiones especificadas en el plano para la tubería externa central ⁽⁵⁾, añadir la medida que se le quito a la T externa ⁽²⁾ en el paso 5 y cortar a esta medida calculada.

7-Cortar a las medidas especificadas en el plano las tuberías externas superior ⁽³⁾ e inferior ⁽⁷⁾ sin realizar todavía la perforación que se muestra en el plano.

8-Soldar las tuberías internas superior ⁽⁴⁾ e inferior ⁽⁸⁾ a los dos extremos superior e inferior de la T interna ⁽¹⁾ respectivamente.

9-Ingresa el conjunto soldado en el paso 8 en la T externa ⁽²⁾ y dentro de esta soldar al conjunto la tubería interna central ⁽⁶⁾.

10-Ingresa y soldar las tuberías externas superior ⁽³⁾, inferior ⁽⁷⁾ y central ⁽⁵⁾ a la T externa ⁽²⁾ en sus ubicaciones respectivamente.

11-Soldar las tapa cap ⁽⁹⁾ a las tuberías externas superior ⁽³⁾, inferior ⁽⁷⁾ y central ⁽⁵⁾, y a las tuberías internas superior ⁽⁴⁾, inferior ⁽⁸⁾ y central ⁽⁶⁾, respectivamente.

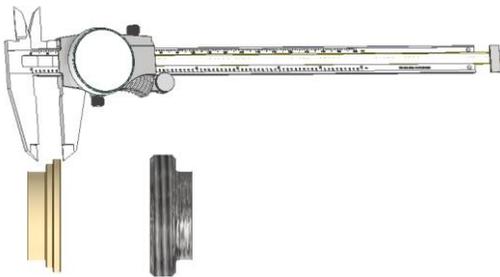
12-Soldar los accesorios de la unión universal (SMS), a las tuberías internas superior ⁽⁴⁾, inferior ⁽⁸⁾ y central ⁽⁶⁾, teniendo en cuenta que el accesorio a soldar en cada tubería se aumenta el avance dependiendo del elemento soldado, además se debe garantizar que las tuberías internas superior ⁽⁴⁾ e inferior ⁽⁸⁾ deben tener accesorios opuestos (Hembra lisa, Macho roscado), para continuar con la secuencia de instalación.

13-Las uniones roscadas $\frac{3}{4}$ " SCH 40 ¹⁰ se deben preparar, primero se deben cortar en 2, puesto que viene un elemento largo, luego se deben preparar para que se acomoden a la forma de la tubería.

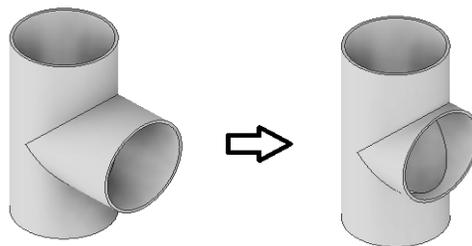
14-Finalmente realizar la perforación que se muestra en el plano de las tuberías externas superior ³ e inferior ⁷ y soldar las uniones roscadas $\frac{3}{4}$ " SCH 40 ¹⁰ en estas perforaciones.

PASO A PASO ILUSTRATIVO.

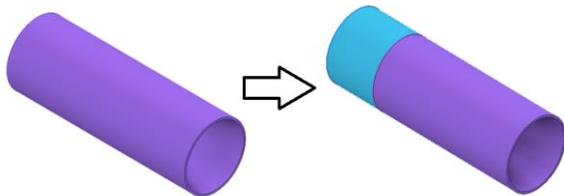
PASO 1. MEDIR ESPESOR DE LAS UNIONES UNIVERSALES A SOLDAR



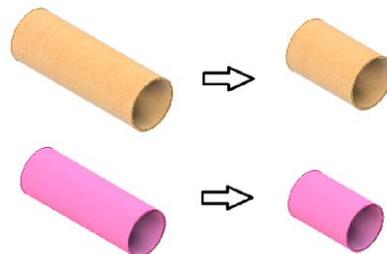
PASO 2. CORTAR NIPLA CENTRAL DE LA T INTERNA



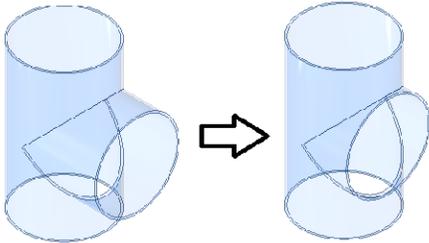
PASO 3. CORTAR A LA MEDIDA DADA LA TUBERIA INTERNA CENTRAL SUMANDO LO QUE SE LE RESTO A LA T INTERNA



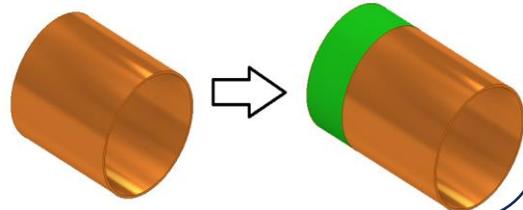
PASO 4. CORTAR A LA MEDIDA DADA LAS TUBERIAS INTERNAS SUPERIOR E INFERIOR COMO SE ESPECIFICA EN EL PLANO



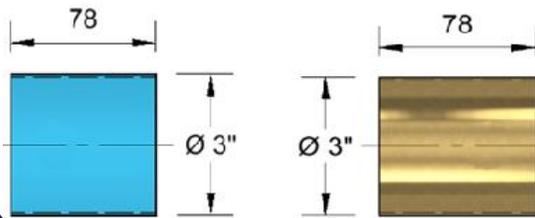
PASO 5. CORTAR NIPLE CENTRAL DE LA T EXTERNA



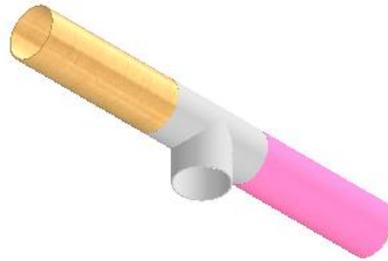
PASO 6. CORTAR A LA MEDIDA DADA LA TUBERIA EXTERNA CENTRAL SUMANDO LO RESTADO A LA T EXTERNA



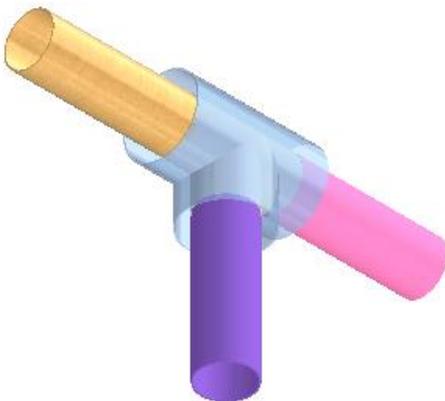
PASO 7. CORTAR A LA MEDIDA DEL PLANO LAS TUBERIAS EXTERNAS SUPERIOR E INFERIOR



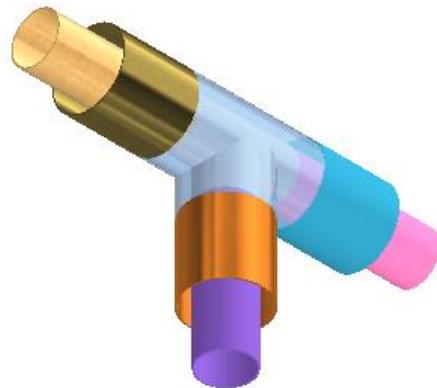
PASO 8. SOLDAR A LA T INTERNA LAS TUBERIAS INTERNAS SUPERIOR E INFERIOR



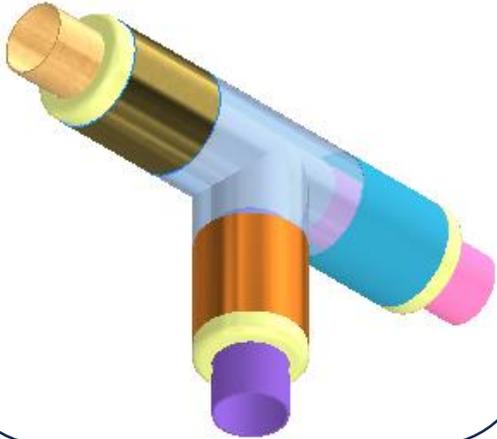
PASO 9. INSERTAR EL CONJUNTO SOLDADO EN LA T EXTERNA Y SOLDAR LA TUBERIA INTERNA CENTRAL



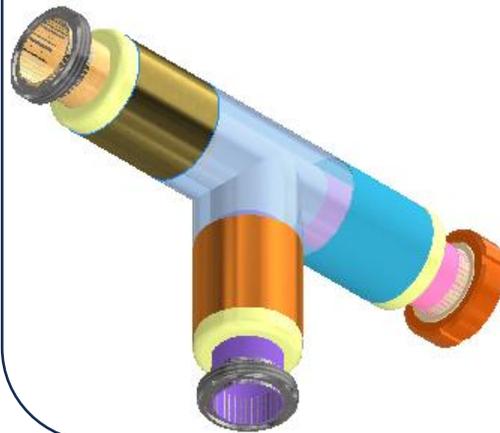
PASO 10. SOLDAR LAS TUBERIAS EXTERNAS SUPERIOR, INFERIOR Y CENTRAL RESPECTIVAMENTE



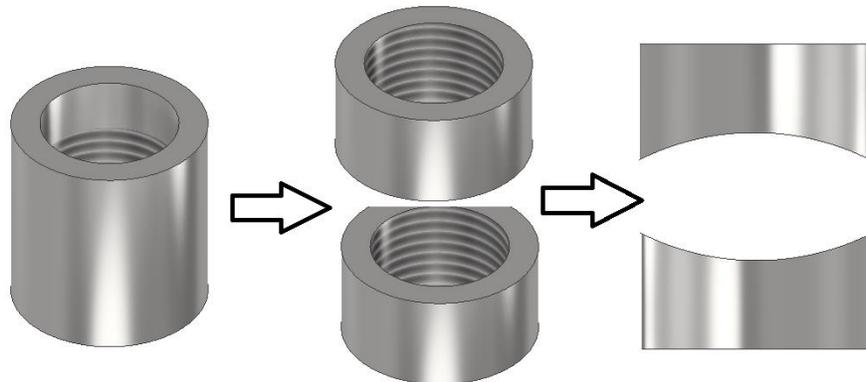
PASO 11. SOLDAR LOS TAPA CAP
A LAS TUBERIAS EXTERNAS E
INTERNAS RESPECTIVAMENTE



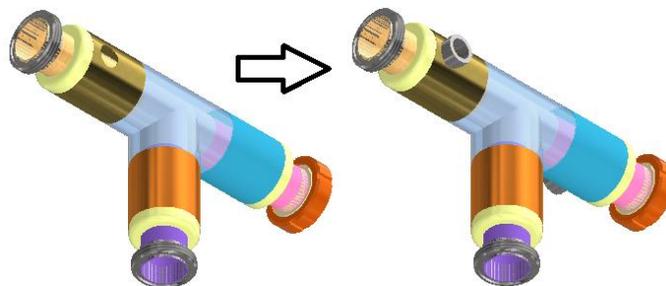
PASO 12. SOLDAR LOS ACCESORIOS
(SMS) CORRESPONDIENTES A CADA
TUBERIA INTERNA RESPECTIVAMENTE



PASO 13. CORTE EN 2 LA UNION ROSCADA 3/4" SCH 40
Y REALICE PREPARACION DE JUNTA PARA SOLDAR A LA TUBERIA



PASO 14. REALICE LAS PERFORACIONES DE LAS TUBERIAS
EXTERNAS SUPERIRO E INFERIOR Y SUELDE LAS UNIONES 3/4" SCH 40



Instrucciones de fabricación de tubería recta.

1-Tome la unión universal (SMS) que va a utilizar para la fabricación del codo y mida cada uno de sus accesorios que se van a soldar (Macho liso, Macho roscado), anótelos para un paso posterior, mire Imagen 1 y 2

TUERCA ROSCADA

HEMBRA LISA

EMPAQUE

MACHO ROSCADO

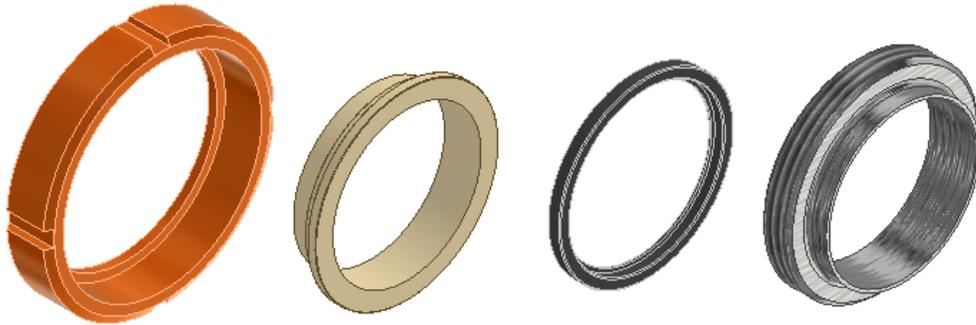


Imagen 1. Elementos de la unión universal (SMS).

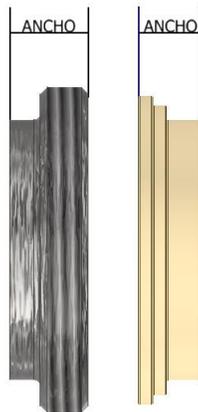


Imagen 2. Medida requerida en el paso 1

2-A la longitud de la tubería interna ¹, restar la medida respectiva de cada accesorio que se le va a soldar (Hembra lisa, Macho roscado), mire Imagen 1 y 2, luego de realizar la operación cortar la tubería respectiva con la medida calculada.

3-Cortar a la medida especificada en el plano la tubería externa ² sin realizar todavía las perforaciones que se muestran en el plano.

4-Soldar uno de los accesorios (Hembra lisa, Macho roscado), con la tubería interna ¹, Imagen 3

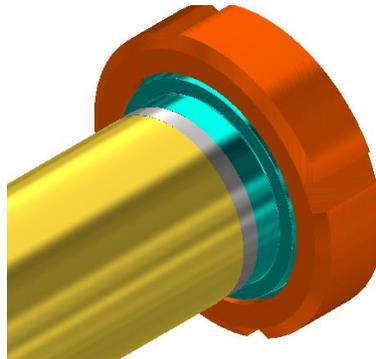


Imagen 3. Imagen referente al paso 4

5-Insertar la tubería externa ² y los dos tapa cap ³ en la tubería interna ¹

6- Soldar los tapa cap ³ con la tubería externa ², y los tapa cap ³ con la tubería interna ¹, de forma que el conjunto quede centrado



Imagen 4. Imagen referente al paso 5.

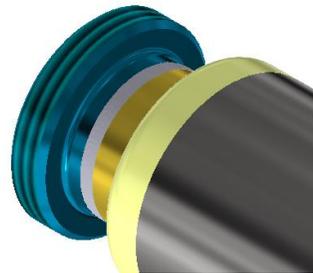


Imagen 5. Imagen referente al paso 6.

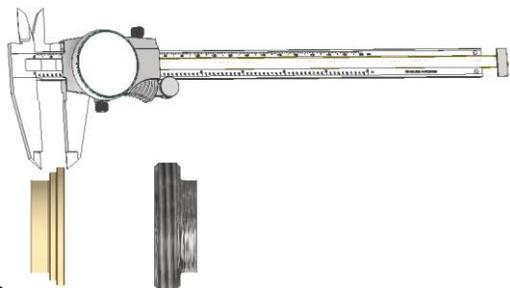
7-. Soldar el accesorio faltante (Hembra lisa, Macho roscado), con el otro lado de la tubería interna

8-Las uniones roscadas $\frac{3}{4}$ " SCH 40 ⁴ se debe preparar, primero se debe cortar en 2, puesto que viene un elemento largo, luego se debe preparar para que se acomode a la tubería.

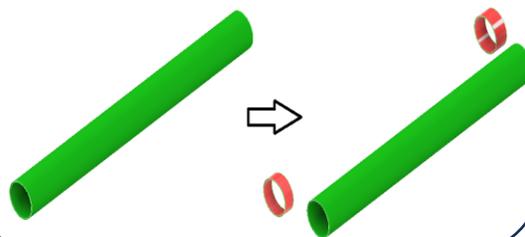
9-Finalmente realizar la perforación que se muestra en el plano de la tubería externa ² y soldar las uniones roscadas $\frac{3}{4}$ " SCH 40 ⁴ en estas perforaciones.

PASO A PASO ILUSTRATIVO.

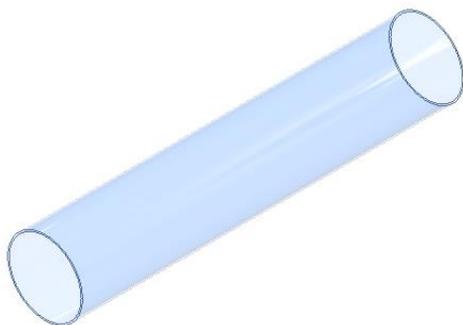
PASO 1. MEDIR ESPESOR DE LAS UNIONES UNIVERSALES A SOLDAR



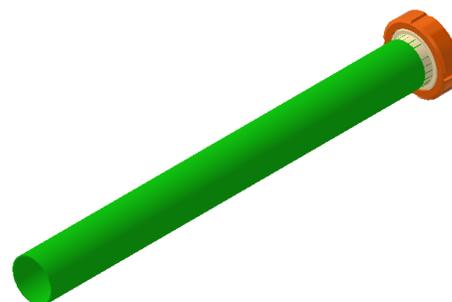
PASO 2. CORTAR A LA MEDIDA DADA RESTANDO EL ESPESOR DE LOS ACCESORIOS (SMS) A SOLDAR



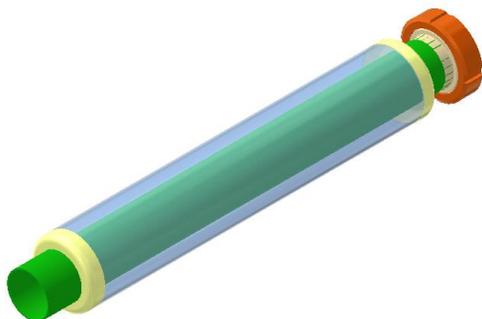
PASO 3. CORTAR A LA MEDIDA DADA EN EL PLANO LA TUBERIA EXTERNA



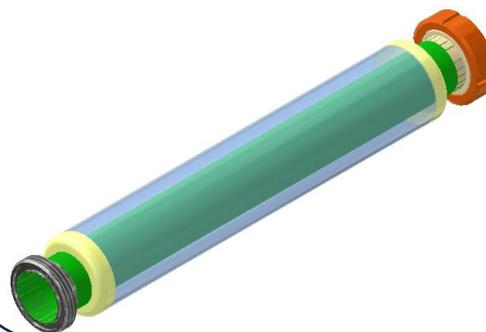
PASO 4. SOLDAR UN ACCESORIO (SMS) A LA TUBERIA INTERNA



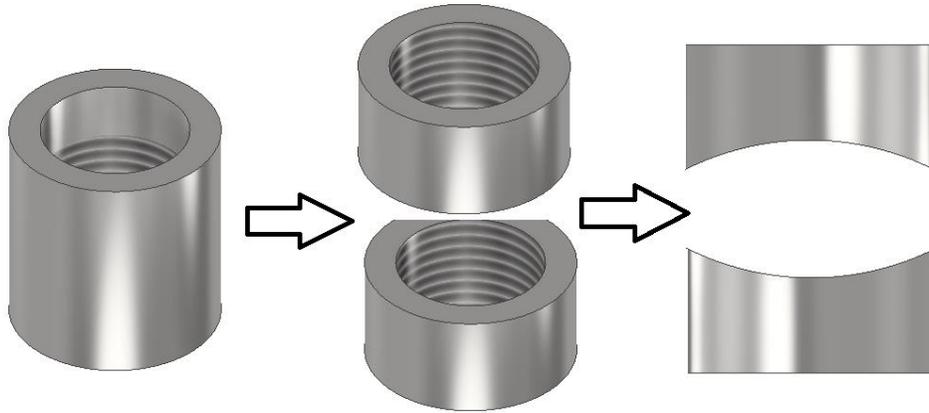
PASO 5 Y 6. INSERTE LA TUBERIA EXTERNA Y LOS TAPA CAP, SOLDAR ESTOS A LA TUBERIA EXTERNA E INTERNA



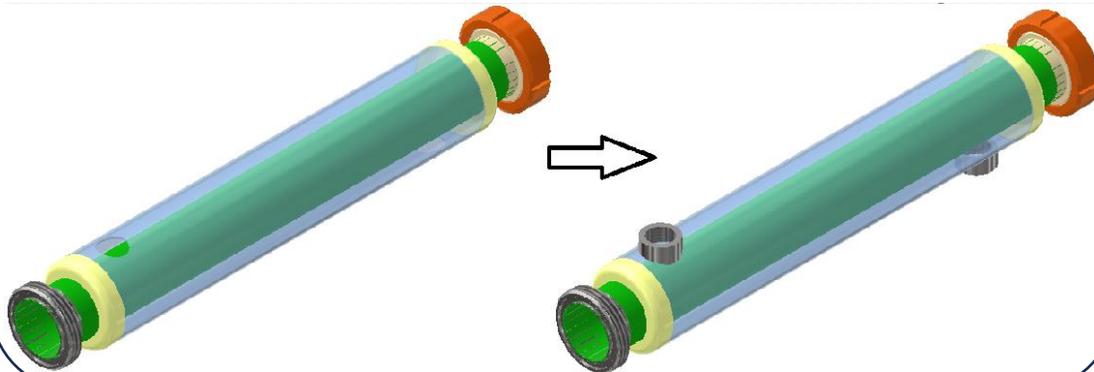
PASO 7. SOLDAR EL OTRO ACCESORIO (SMS) A LA TUBERIA INTERNA



PASO 8. CORTE EN 2 LA UNION ROSCADA 3/4" SCH 40
Y REALICE PREPARACION DE JUNTA PARA SOLDAR A LA TUBERIA



PASO 9. REALICE LAS PERFORACIONES DE LA TUBERIA
EXTERNA Y SUELDE LAS UNIONES ROSCADAS DE 3/4" SCH 40



WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) Yes
PREQUALIFIED _____ QUALIFIED BY TESTING _____
or PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR) Yes

Company Name FAISMON S.A.S
 Welding Process(es) GTAW
 Supporting PQR No.(s) _____

Identification # _____
 Revision _____ Date _____ By _____
 Authorized by _____ Date _____
 Type—Manual Semi-Automatic
 Machine Automatic

JOINT DESIGN USED

Type: A TOPE
 Single Double Weld
 Backing: Yes No
 Backing Material: _____
 Root Opening 1,5 mm Root Face Dimension 1,5 mm
 Groove Angle: 75 ° Radius (J-U) N.A
 Back Gouging: Yes No Method N.A

POSITION

Position of Groove: 5 G Fillet: _____
 Vertical Progression: Up Down

BASE METALS

Material Spec. ASTM A 312
 Type or Grade 304 L
 Thickness: Groove 3 mm Fillet _____
 Diameter (Pipe) 1/2 - 8 in

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Transfer Mode (GMAW) _____ Short-Circuiting
 Globular Spray
 Current: AC DCEP DCEN Pulsed
 Other _____
 Tungsten Electrode (GTAW)
 Size: 3/32
 Type: AZUL (LANTANO 2%)

FILLER METALS

AWS Specification 1 / 16"
 AWS Classification ER 308 L

TECHNIQUE

Stringer or Weave Bead: CORDON TEJIDO
 Multi-pass or Single Pass (per side) MULTIPASE
 Number of Electrodes N.A
 Electrode Spacing Longitudinal N.A
 Lateral N . A
 Angle _____

SHIELDING

Flux _____ Gas ARGON
 Composition ARGON 99,9%
 Electrode-Flux (Class) _____ Flow Rate 7,2-14,2 L/min
 Gas Cup Size 5/16 in

Backing Gas: _____ SI
 Flow Rate: 6 - 10 L/min
 Composition: 99% N2

PREHEAT

Preheat Temp., Min. 10 °C
 Interpass Temp., Min. 10 °C Max. 175 °C

POSTWELD HEAT TREATMENT

Temp. N.A
 Time N.A

WELDING PROCEDURE

Pass or Weld Layer(s)	Process	Filler Metals		Current		Volts	Travel Speed	Joint Details
		Class	Diam.	Type & Polarity	Amps or Wire Feed Speed			
1	GTAW	ER 308 L	1 / 16"	DCEN	60A - 100A	10V-15V	3 mm/s - 4,8mm/s	
2	GTAW	ER 308 L	1 / 16 "	DCEN	60A - 100A	10V-15V	3 mm/s - 4,8mm/s	

CAPACITACIÓN DE FABRICACIÓN DE TUBERIA SANITARIA ENCHAJETADA Y SCH.



SANTIAGO ARBELÁEZ VALENCIA
ING. MECÁNICO

PRIMERA SECCIÓN

Temas para tratar en este capítulo.

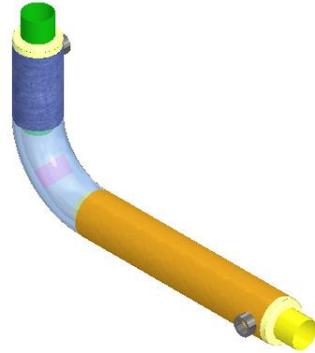
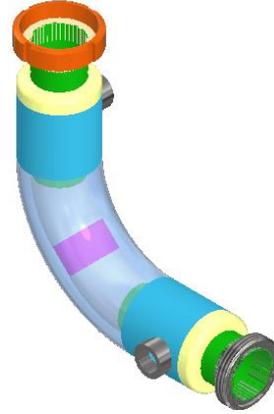
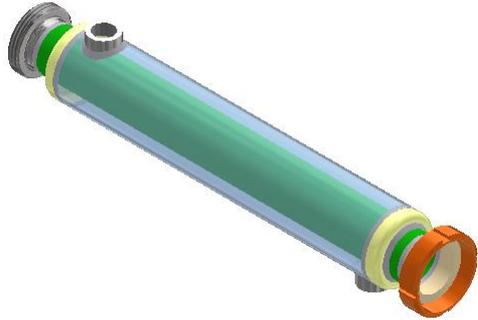
- Corte de la tubería: Elementos de corte, elementos de protección, recomendaciones
- Proceso de soldadura: Generalidades, elementos de protección, riesgos
- Dimensiones de tubería: Planos de dimensiones, planos de soldadura, instructivos de fabricación.

MEGA
2024



NOS GUSTA MIRAR ALTO

TIPOS DE TUBERÍA



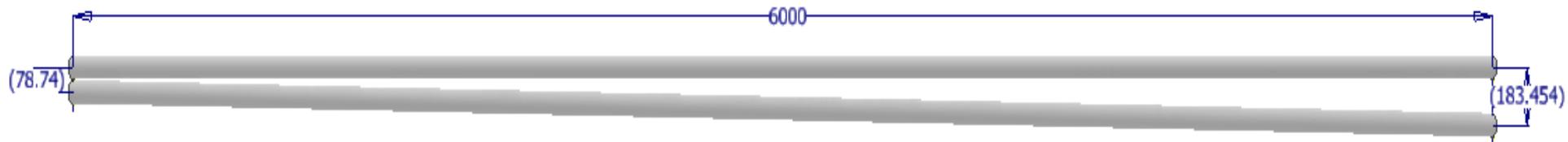
MEGA
2024

NOS GUSTA MIRAR ALTO



PROCESO DE CORTE.

1 GRADO DE DESFACE



Para garantizar un corte a 90° procure siempre:

- Usar herramientas de medición y corte adecuadas.
- Realizar el corte lento y controlado.
- Elimine rebabas y residuos del corte.
- Verificar la perpendicularidad del corte con escuadra.
- Utilizar todos los elementos de protección personal (EPP).

NOS GUSTA MIRAR ALTO

**MEGA
2024**



PROCESO DE SOLDADURA



Para garantizar un buen proceso de soldadura procure siempre:

- Utilizar los parámetros ideales para cada tipo de junta a soldar
- Puntear y verificar la perpendicularidad de la junta.
- Aplicar el gas de purga adecuado y en el caudal adecuado.
- Realizar el cordón de soldadura con los parámetros adecuados.
- Luego del proceso de soldadura, verificar perpendicularidad y realizar inspección visual de la junta soldada.
- Usar todos los elementos de protección personal (EPP).

NOS GUSTA MIRAR ALTO

**MEGA
2024**



RIESGOS DEL PROCESO DE SOLDADURA.

- Riesgo eléctrico.
- Riesgo mecánico.
- Riesgo térmico.
- Inhalación de gases de soldadura.



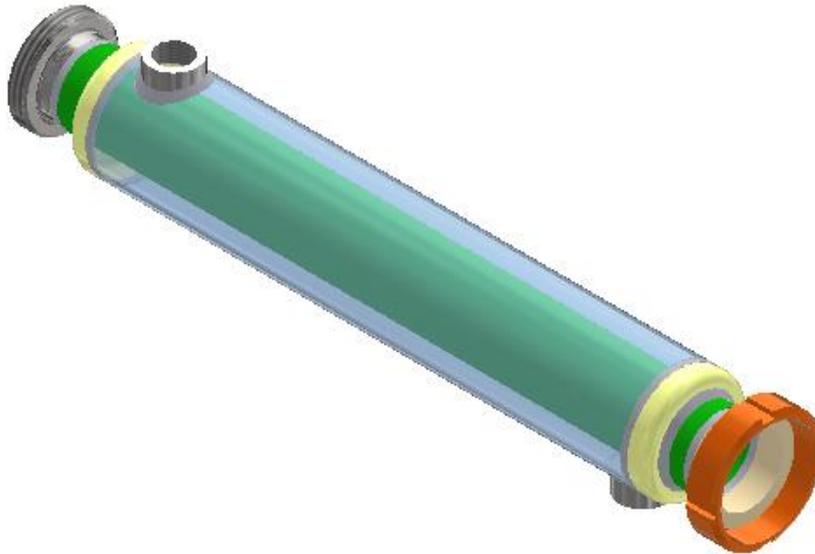
MEGA
2024

NOS GUSTA MIRAR ALTO



Planos, Dimensiones, componentes.

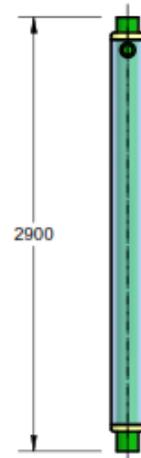
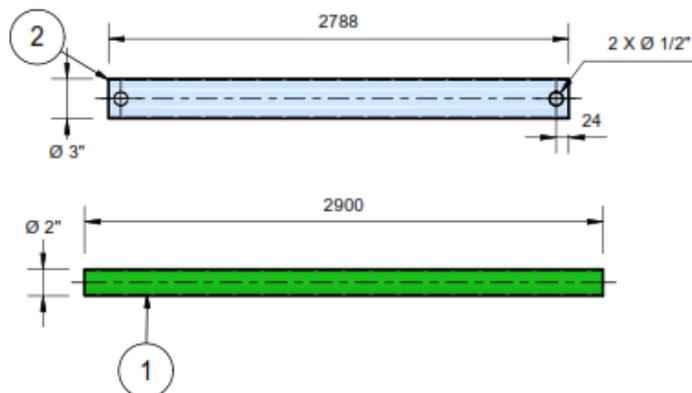
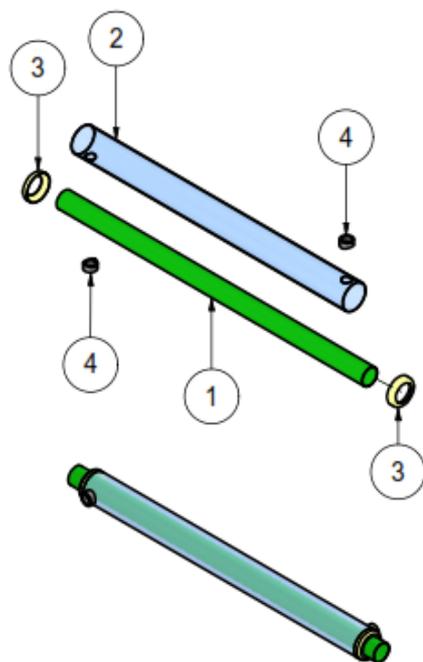
Tubería recta.



MEGA
2024



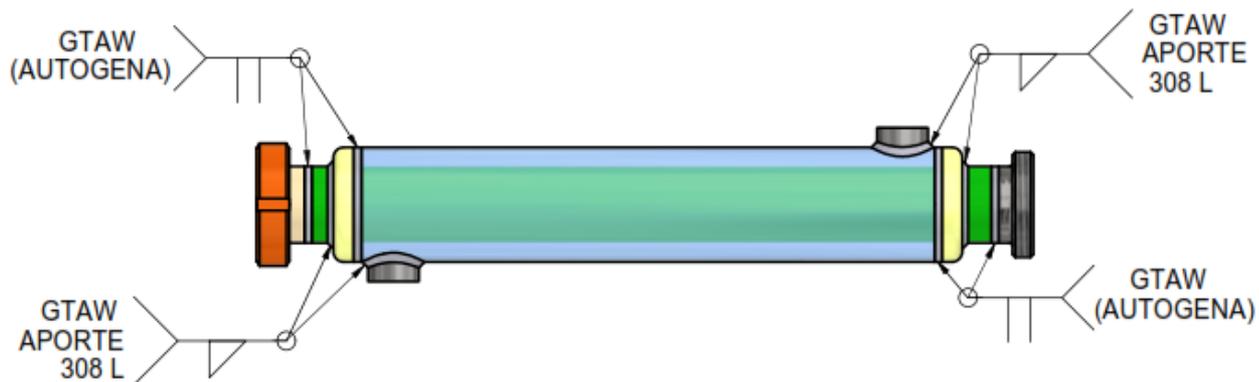
NOS GUSTA MIRAR ALTO



- NOTA:
- TUBERÍA RECTA SANITARIA DE 3" EN 2".
 - TODAS LAS MEDIDAS EN mm EXCEPTO ESPECIFICAS EN in.
 - RESTAR A LA TUBERÍA INTERNA LA MEDIDA DE CADA PARTE DE LA UNIÓN UNIVERSAL (SMS).
 - LOS ELEMENTOS **3** SON ELEMENTOS COMPRADOS QUE NO NECESITAN FABRICACIÓN POR LO QUE NO SE ESPECIFICAN MEDIADAS.
 - LOS ELEMENTOS **4** REQUIERE PREPARACIÓN DE JUNTA PARA SER SOLDADO.

LISTA DE PARTES

ITEM	QTY	DESCRIPCIÓN	04	RUBERIA RECTA 3" EN 2"	1	A4-04	ASTM A 270 TP 304	1000 mm X 3 in	CORTADO Y SOLDADO
ITEM	QTY	DESCRIPCIÓN	Ref.	Descripción	Cantidad	Plano Ref.	Materia	Especificaciones	Observaciones
1	1	TUBERIA SANITARIA 2" X 1.5 mm ESPESOR	 FAISMON S.A.S	FAISMON S.A.S					
2	1	TUBERIA SANITARIA 3" X 1.65 mm ESPESOR		CNCH					
3	2	TAPA CAP SANITARIA 3" A 2"		FABRICACIÓN Y MONTAJE					ESC: 1:29
4	2	UNION ROSCADA 3/4 " SCH 40		TUBERIA RECTA			ARCHIVO: A4-04	FCH: 16/01/2024	
				DIB: SANTIAGO ARBELÁEZ		DIB: SANTIAGO ARBELÁEZ		MOD: 04	
			APRB: NORBERTO		REV: NORBERTO		PL.No: 04		



Ref.	Descripción	Cantidad	Plano Ref.	Material	Especificaciones	Observaciones	
04	TUBERIA RECTA SOLDADURA	1	A4-04	ASTM A 270 TP 304	N.A	CORTADO Y SOLDADO	
 FAISMON S.A.S	FAISMON S.A.S CNCH FABRICACIÓN Y MONTAJE					 ESC: 1:25	
	TUBERIA RECTA SOLDADURA						ARCHIVO: A4-04
			DIS: SANTIAGO ARBELÁEZ APRB: NORBERTO		DIB: SANTIAGO ARBELÁEZ REV: NORBERTO		MOD: 04 PL.No: 04

Activar

Instrucciones de fabricación de tubería recta.

1-Tome la unión universal (SMS) que va a utilizar para la fabricación del codo y mida cada uno de sus accesorios que se van a soldar (Macho liso, Macho roscado), anótelos para un paso posterior, mire Imagen 1 y 2

TUBERÍA ROSCADA HEMBRA LISA EMPAQUE MACHO ROSCADO



Imagen 1. Elementos de la unión universal (SMS).



Imagen 2. Medida requerida en el paso 1

2-A la longitud de la tubería interna (1), restar la medida respectiva de cada accesorio que se le va a soldar (Hembra lisa, Macho roscado), mire Imagen 1 y 2, luego de realizar la operación cortar la tubería respectiva con la medida calculada.

3-Cortar a la medida especificada en el plano de la tubería externa (2) sin realizar todavía las perforaciones que se muestran en el plano.

4-Soldar uno de los accesorios (Hembra lisa, Macho roscado), con la tubería interna (1), Imagen 3

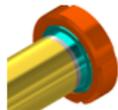


Imagen 3. Imagen referente al paso 4

5-Insertar la tubería externa (2) y los dos tapa cap (3) en la tubería interna (1)

6-Soldar los tapa cap (3) con la tubería externa (2), y los tapa cap (3) con la tubería interna (1), de forma que el conjunto quede centrado



Imagen 4. Imagen referente al paso 5

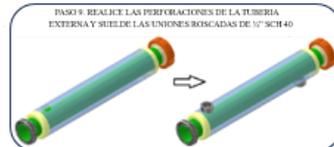
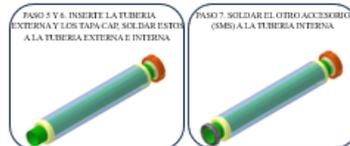
Imagen 5. Imagen referente al paso 6

7. Soldar el accesorio faltante (Hembra lisa, Macho roscado), con el otro lado de la tubería interna

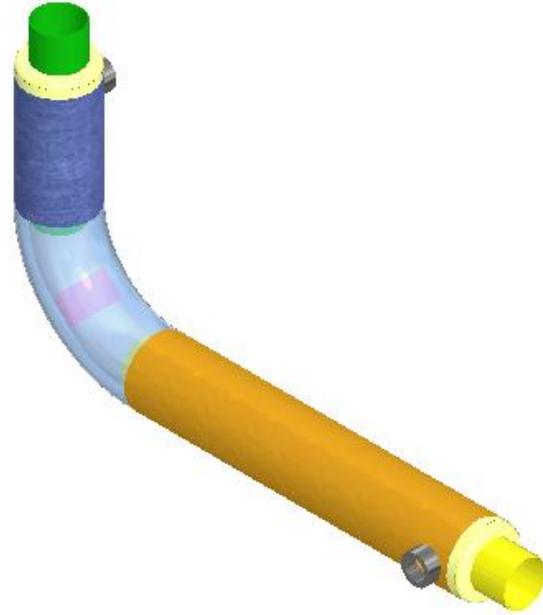
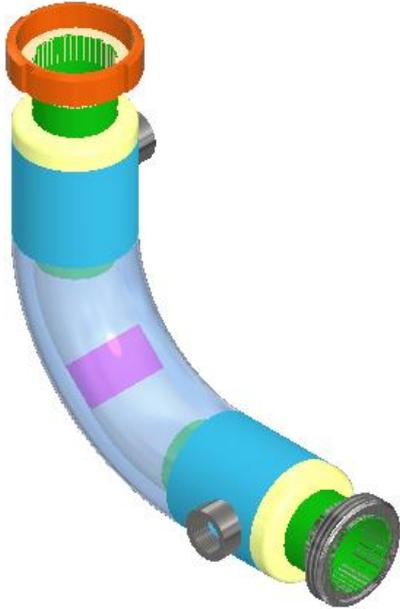
8-Las uniones roscadas 1/2" SCH 40 (4) se debe preparar, primero se debe cortar en 2, guiso que viene un elemento largo, luego se debe preparar para que se acomode a la tubería.

9-Finalmente realizar la perforación que se muestra en el plano de la tubería externa (2) y soldar las uniones roscadas 1/2" SCH 40 (4) en estas perforaciones.

PASO A PASO ILUSTRATIVO.



CODO ESTANDAR Y ESPECIAL

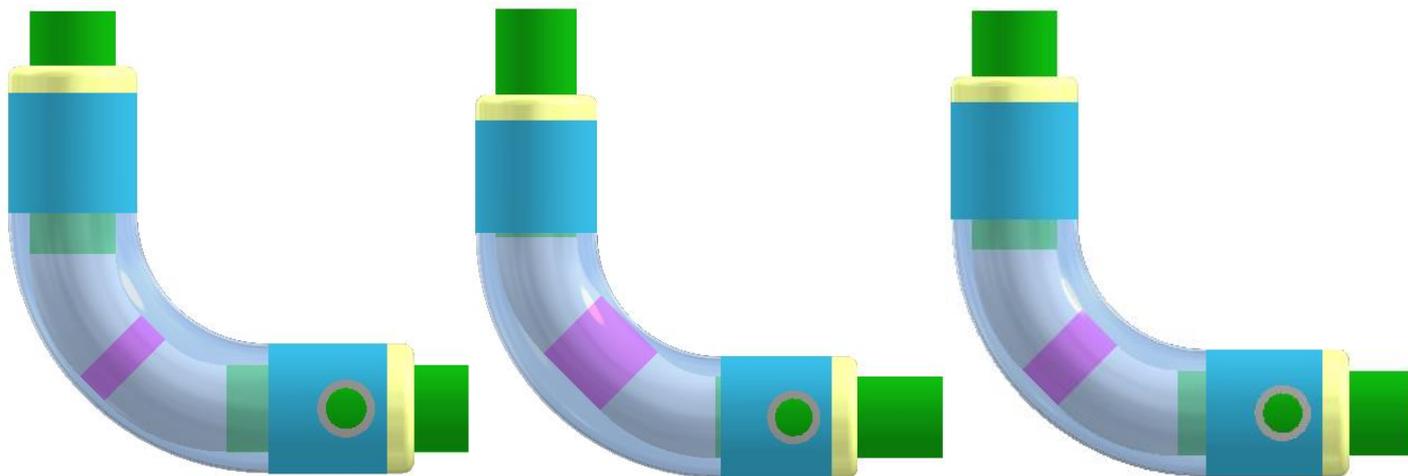


MEGA
2024



NOS GUSTA MIRAR ALTO

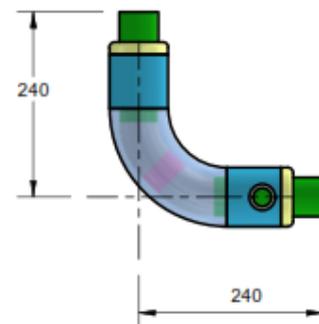
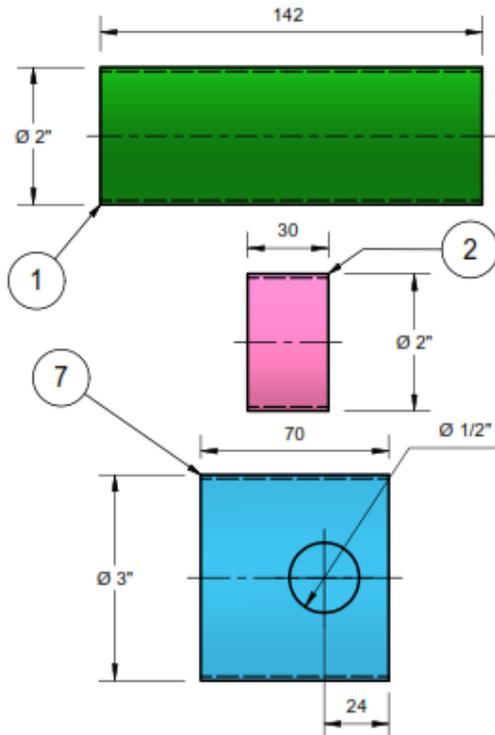
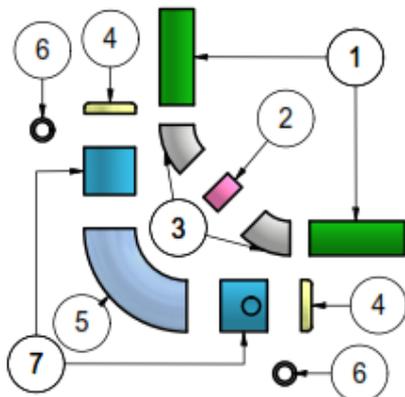
IMPORTANCIA DE LA LINEA CENTRAL DE FLUJO



MEGA
2024



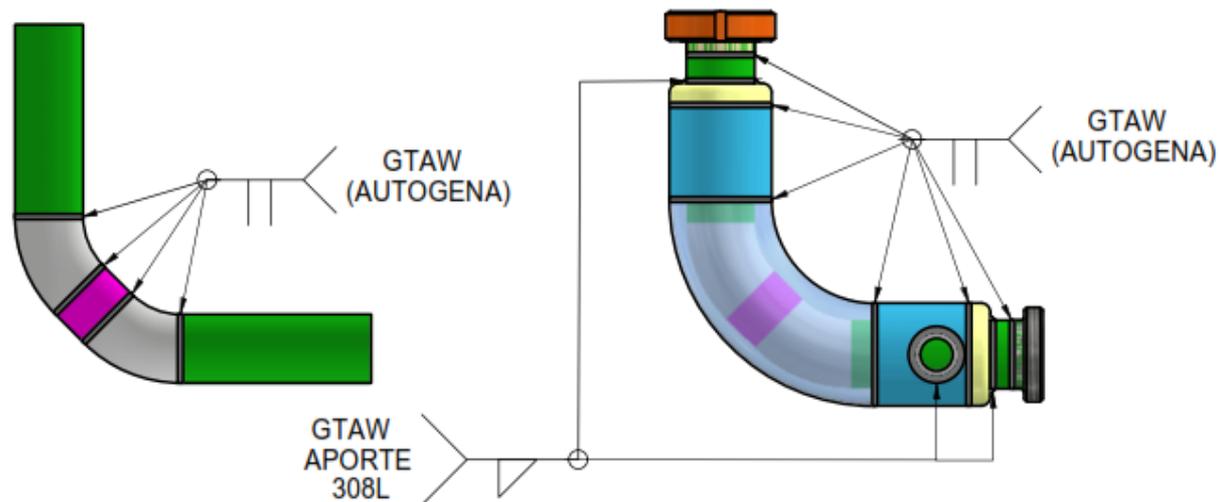
NOS GUSTA MIRAR ALTO



- NOTA:
- CODO ESTÁNDAR SANITARIO 3" EN 2".
 - TODAS LAS MEDIDAS EN mm EXCEPTO ESPECIFICAS EN in.
 - RESTAR A LA TUBERÍA INTERNA LA MEDIDA DE CADA PARTE DE LA UNIÓN UNIVERSAL (SMS).
 - LOS ELEMENTOS 3, 4 Y 5 SON ELEMENTOS COMPRADOS QUE NO NECESITAN FABRICACIÓN POR LO QUE NO SE ESPECIFICAN MEDIADAS.
 - LOS ELEMENTOS 6 REQUIEREN CORTE Y PREPARACIÓN DE JUNTA PARA SER SOLDADOS.

LISTA DE PARTES

ITEM	QTY	DESCRIPCIÓN	01	CODO ESTANDAR 3" EN 2"	1	A4-01	ASTM A 270 TP 304	278mm x 278mm	CORTADO Y SOLDADO	
ITEM	QTY	DESCRIPCIÓN	Ref.	Descripción	Cantidad	Plano Ref.	Material	Especificaciones	Observaciones	
1	2	TUB.SNT.2"X1.5 mm(INTERNA)		FAISON S.A.S CNCH						
2	1	TUB.SNT.2"X1.5 mm(INT.CENT.)								FABRICACIÓN Y MONTAJE
3	2	SEMICODO SANITARIO 2"		CODO ESTANDAR					ARCHIVO: A4-01	FCH: 16/01/2024
4	2	TAPA CAP SANITARIA 3" A 2"							DIS: SANTIAGO ARBELÁEZ APRB: NORBERTO	
5	1	CODO SANITARIO 3"		DIB: SANTIAGO ARBELÁEZ REV: NORBERTO						
6	2	UNION ROSCADA 3/4 " SCH 40								
7	2	TUB.SNT.3"X1.65mm(EXTERNA)								



04	CODO ESTANDAR SOLDADURA	1	A4-04	ASTM A 270 TP 304	N . A	CORTADO Y SOLDADO
Ref.	Descripción	Cantidad	Plano Ref.	Material	Especificaciones	Observaciones
 FAISMON S.A.S	FAISMON S.A.S					
	CNCH					
FABRICACIÓN Y MONTAJE						ESC: 1:29
	CODO ESTANDAR SOLDADURA				ARCHIVO: A4-04	FCH: 16/01/2024
	DIS: SANTIAGO ARBELÁEZ			DIB: SANTIAGO ARBELÁEZ		O.T.:
	APRB: NORBERTO			REV: NORBERTO		MOD: 04 PL.No: 04

Instrucciones de fabricación codo estándar.

1-Tome la unión universal (SMS) que va a utilizar para la fabricación del codo y mida cada uno de sus accesorios que se van a soldar (Hembra lisa, Macho roscado), anótelos para un paso posterior, mire Imagen 1 y 2

TUBERÍA ROSCADA HEMBRA LISA EMPAQUE MACHO ROSCADO



Imagen 1. Muestras de la unión universal (SMS).



Imagen 2. Muestras de la medida requerida en el paso 1.

2-A la longitud de cada uno de los dos tramos de tubería interna (1), cortar la medida respectiva de cada accesorio que se le va a soldar (Hembra lisa, Macho roscado), mire Imagen 1 y 2, luego de realizar la operación, cortar la tubería respectiva con la medida calculada.

3-Cortar a la medida especificada en el plano el nipple interno que une los 2 semi codos (2) y los dos tramos de tubería externa (3), estos dos últimos (1) sin realizar todavía la perforación que se muestra en el plano.

4-Soldar un tramo de tubería interna (1), el nipple interno (2) y ambos semi codos (3), todos con sus respectivas medidas de protección y purga de gas de protección, mire Imagen 3



Imagen 3. Imagen de referencia para el paso 4.

5-Insertar el codo exterior (3), posteriormente soldar el otro tramo de tubería interna (1) con el conjunto anteriormente soldado, mire Imagen 4.

6-Insertar y soldar las 2 tuberías externas (2) con el codo exterior (3)

7-Soldar los dos taps cap (4) en las tuberías externas (2) y a su vez con el conjunto anteriormente soldado (paso 4 y 5), mire Imagen 5.



Imagen 4. Imagen referente al paso 5.



Imagen 5. Imagen referente al paso 6.

8-Soldar los accesorios de la unión universal (SMS), en los extremos.

¡OJO! tener en cuenta la medida que se le rota a cada uno de las tuberías internas (1), que corresponda con la que se midió del accesorio a soldar.

9-Las uniones roscadas 1/2" SCH 40 (5) se deben preparar, primero se deben cortar en 2, puesto que viene un elemento largo, luego se deben preparar para que se acomoden a la forma de la tubería externa (2).

10-Finalmente realizar la perforación mostrada en el plano de las 2 tuberías externas (2) y soldar las uniones roscadas 1/2" SCH 40 (5) en estas perforaciones.

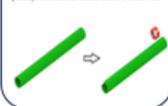
NOTA: Observe y lea bien el plano, allí se muestran las medidas y como debe quedar ensamblado el codo, los codos de 3" en 2" deben tener un avance estándar de 240 mm, los codos de 4" en 2 1/2" y de 4" en 3" deben tener un avance estándar de 280 mm.

PASO A PASO ILUSTRATIVO.

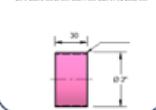
PASO 1. MEDIR ESPESOR DE LAS UNIONES UNIVERSALES A SOLDAR



PASO 2. CORTAR TUBERÍAS INTERNAS RESTANDO EL ESPESOR DEL ACCESORIO (SMS) A SOLDAR RESPECTIVAMENTE



PASO 3. CORTAR A LA MEDIDA DADA EN EL PLANO EL NIPLE INTERNO



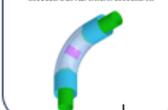
PASO 4. SOLDAR LOS DOS SEMI CODOS AL NIPLE INTERNO Y UNA DE LAS TUBERÍAS INTERNAS A UN SEMI CODO



PASO 5. INSERTAR EL CODO EXTERNO Y SOLDAR LA OTRA TUBERÍA INTERNA



PASO 6. SOLDAR LAS DOS TUBERÍAS EXTERNAS AL CODO EXTERNO



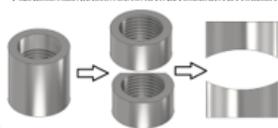
PASO 7. INSERTAR Y SOLDAR LAS DOS TAPS CAP A LAS TUBERÍAS EXTERNAS



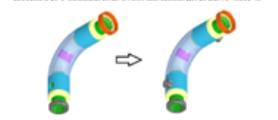
PASO 8. SOLDAR LOS ACCESORIOS (SMS) A SU RESPECTIVA TUBERÍA INTERNA



PASO 9. CORTAR EN 2 LA UNIÓN ROSCADA 1/2" SCH 40 Y REALICE PREPARACIÓN DE JUNTA PARA SOLDAR A LA TUBERÍA



PASO 10. REALICE LAS PERFORACIONES DE LAS TUBERÍAS EXTERNAS Y SUELE LAS UNIONES ROSCADAS DE 1/2" SCH 40



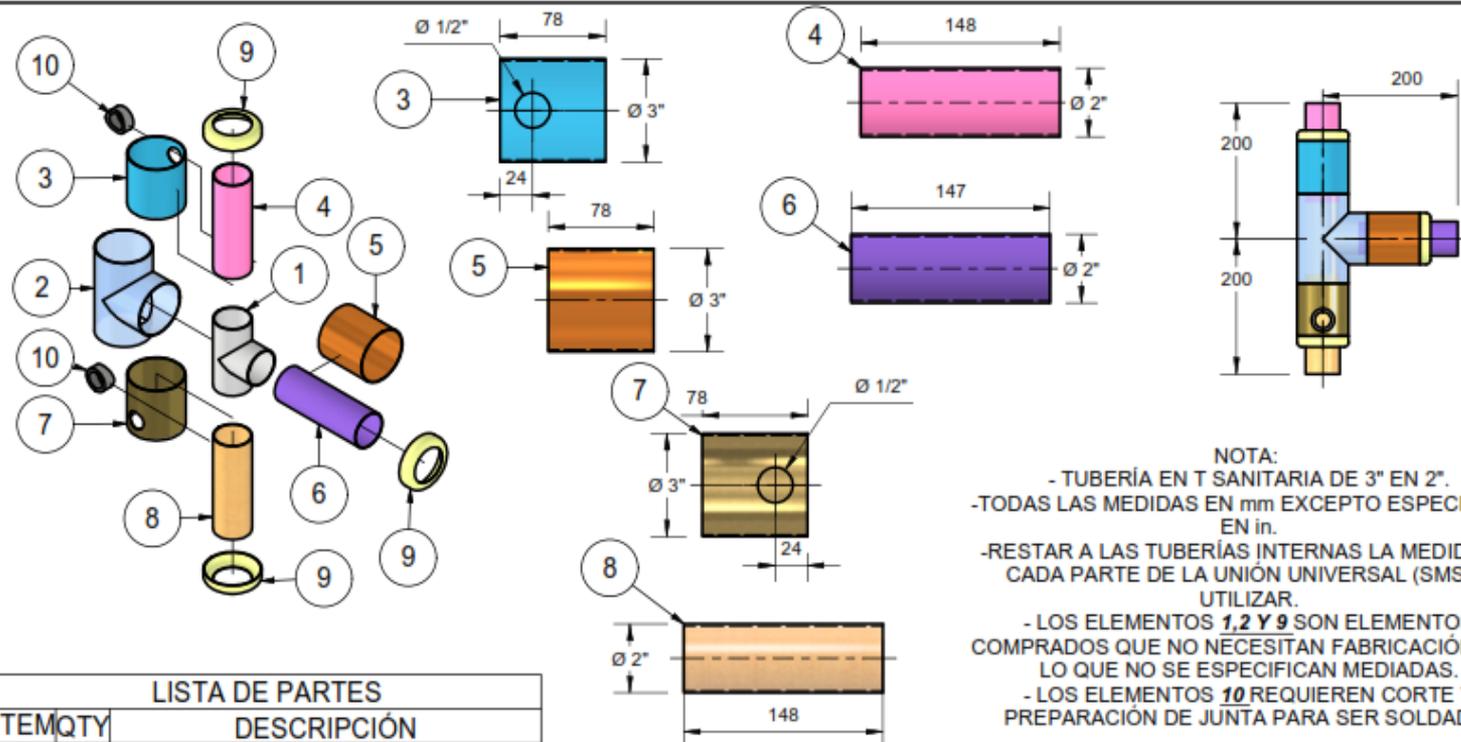
TUBERIA EN T



NOS GUSTA MIRAR ALTO

**MEGA
2024**





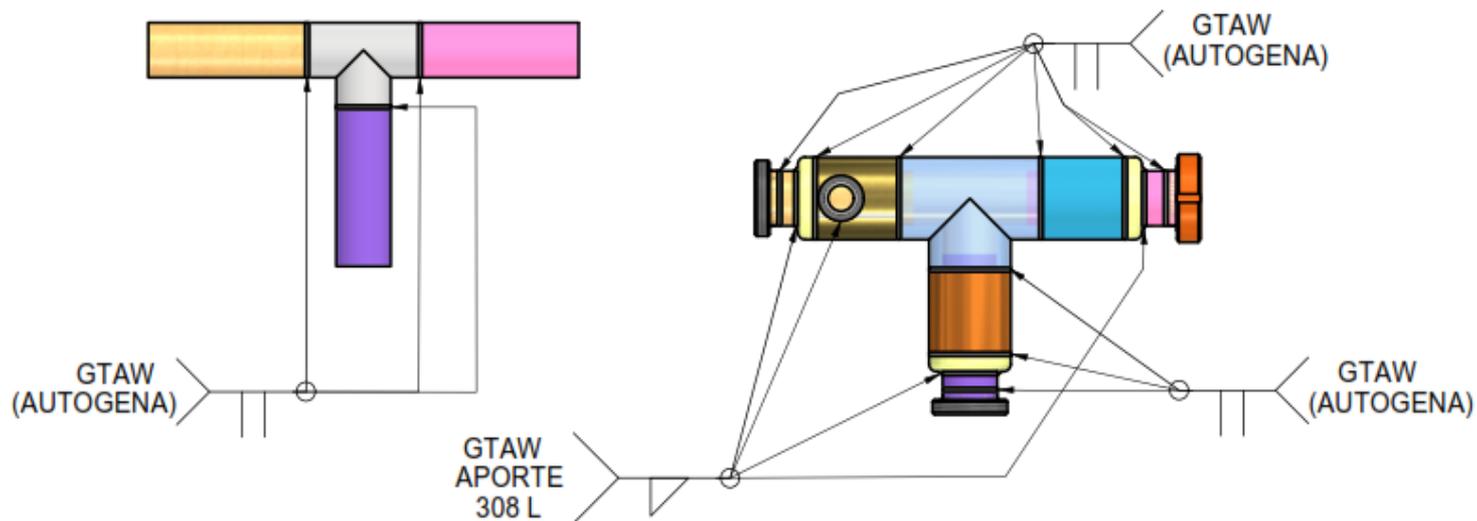
NOTA:
 - TUBERÍA EN T SANITARIA DE 3" EN 2".
 - TODAS LAS MEDIDAS EN mm EXCEPTO ESPECIFICAS EN in.
 - RESTAR A LAS TUBERÍAS INTERNAS LA MEDIDA DE CADA PARTE DE LA UNIÓN UNIVERSAL (SMS) A UTILIZAR.
 - LOS ELEMENTOS **1,2 Y 9** SON ELEMENTOS COMPRADOS QUE NO NECESITAN FABRICACIÓN POR LO QUE NO SE ESPECIFICAN MEDIADAS.
 - LOS ELEMENTOS **10** REQUIEREN CORTE Y PREPARACIÓN DE JUNTA PARA SER SOLDADO.

LISTA DE PARTES

ITEM	QTY	DESCRIPCIÓN
1	1	T SANITARIA 2"
2	1	T SANITARIA 3"
3	1	TUB.SNT. 3"X1.65mm(SUPERIOR)
4	1	TUB.SNT. 2" X 1.5mm(SUPERIOR)
5	1	TUB.SNT. 3"X1.65mm(CENTRAL)
6	1	TUB.SNT. 2" X 1.5mm(CENTRAL)
7	1	TUB.SNT. 3"X1.65mm(INFERIOR)
8	1	TUB.SNT. 2" X 1.5mm(INFERIOR)
9	3	TAPA CAP SANITARIA 3" A 2"
10	2	UNION ROSCADA 3/4 " SCH 40

05	TUBERIA EN T 3" EN 2"	1	A4-05	ASTM A 270 TP 304	560 mm X 265mm	CORTADO Y SOLDADO
Ref.	Descripción	Cantidad	Plano Ref.	Material	Especificaciones	Observaciones
	FAISMON S.A.S					
	CNCH					
	FABRICACIÓN Y MONTAJE					
TUBERIA EN T					ARCHIVO: A4-05	ESC: 1:4
DIS: SANTIAGO ARBELÁEZ			DIB: SANTIAGO ARBELÁEZ		MOD: 05	
APRB: NORBERTO			REV: NORBERTO		O.T.: PL.No: 05	





04	TUBERIA EN T SOLDADURA	1	A4-04	ASTM A 270 TP 304	N.A	CORTADO Y SOLDADO
Ref.	Descripción	Cantidad	Plano Ref.	Material	Especificaciones	Observaciones
 FAISMON S.A.S	FAISMON S.A.S					
	CNCH					
FABRICACIÓN Y MONTAJE					ARCHIVO:	FCH: 16/01/2024
TUBERIA EN T SOLDADURA					A4-04	O.T.:
DIS: SANTIAGO ARBELÁEZ				DIB: SANTIAGO ARBELÁEZ		MOD: 04
APRB: NORBERTO				REV: NORBERTO		PL.No: 04

Instrucciones de fabricación de tubería en T estándar.

1-Tornar la unión universal (SUS) que va a utilizar para la fabricación del codo y mida cada uno de sus accesorios que se van a soldar (Machos finos, Macho roscado), anótese para un paso posterior, mire Imagen 1 y 2

TUBERÍA ROSCADA MACHO FINO MACHO ROSCADO



Imagen 1. Componentes de la unión universal (SUS).



Imagen 2. Tubos requeridos en el paso 1.

2-Tornar la T interna (2) y contarse el riple central esa distancia que permita que este entre en la T externa (2) tener en cuenta la medida tomada para posteriormente compararla con la tubería interna central (2)

3-A la longitud de la tubería interna central (2) cortar la medida respectiva del accesorio que se le va a soldar (Machos finos, Macho roscado), mire Imagen 1 y 2, y marcarla la medida que se le quite a la T interna (2) en el paso 2, luego de realizar la operación, cortar el tramo de tubería con la medida calculada.

4-A la longitud de las tuberías interna superior (2) e inferior (2) cortar la medida respectiva del accesorio que se le va a soldar (Machos finos, Macho roscado), mire Imagen 1 y 2, luego de realizar la operación, cortar los tramos de tubería con las medidas calculadas respectivamente.

5-Tornar la T externa (2) y contarse el riple central esa distancia que permita que la T interna (2) pueda ser soldada con la tubería interna central (2), tener en cuenta la medida tomada para posteriormente compararla en la tubería externa central (2)

6-A las dimensiones especificadas en el plano para la tubería externa central (2) añadir la medida que se le quite a la T externa (2) en el paso 5 y cortar a esta medida calculada.

7-Cortar a las medidas especificadas en el plano las tuberías externas superior (2) e inferior (2) sin realizar todavía la perforación que se muestra en el plano.

8-Soldar las tuberías internas superior (2) e inferior (2) a los dos extremos superior e inferior de la T interna (2) respectivamente.

9-Agrupar el conjunto soldado en el paso 8 en la T externa (2) y dentro de esta soldar al conjunto la tubería interna central (2)

10-Agrupar y soldar las tuberías externas superior (2), inferior (2) y central (2) a la T externa (2) en sus ubicaciones respectivamente.

11-Soldar las tapa cap (2) a las tuberías externas superior (2), inferior (2) y central (2), y a las tuberías internas superior (2), inferior (2) y central (2) respectivamente.

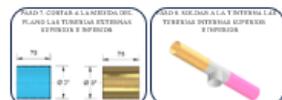
12-Soldar los accesorios de la unión universal (SUS), a las tuberías internas superior (2), inferior (2) y central (2) teniendo en cuenta que el accesorio a soldar en cada tubería corresponde con la medida que se le quitó a cada una de ellas respectivamente, además se debe garantizar que las tuberías internas

superior (2) e inferior (2) deben tener accesorios opuestos (Machos finos, Macho roscado), para continuar con la instalación de fundación.

13-Las uniones roscadas 1/2" SCH 40 (2) se deben preparar, primero se deben cortar en 2, punto que viene un elemento largo, luego se deben preparar para que se acerquen a la forma de la tubería.

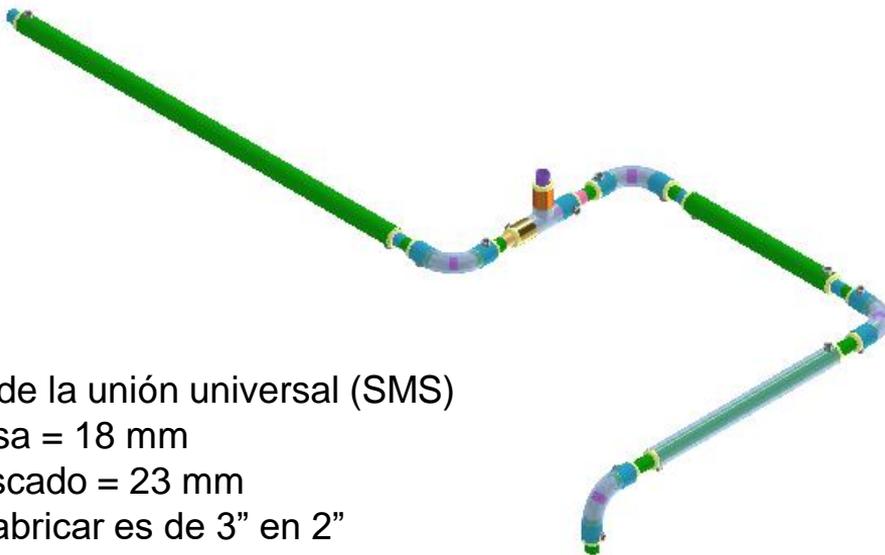
14-Finalmente realizar la perforación que se muestra en el plano de las tuberías externas superior (2) e inferior (2) y soldar las uniones roscadas 1/2" SCH 40 (2) en estas perforaciones.

PASO A PASO ILUSTRATIVO



EJERCICIO PRACTICO.

Determine las dimensiones de los tramos de tubería interna que debe cortar para fabricar la siguiente línea de tubería:



Información:

- Dimensiones de la unión universal (SMS)
 - Hembra lisa = 18 mm
 - Macho roscado = 23 mm
- La tubería a fabricar es de 3" en 2"

MEGA
2024



NOS GUSTA MIRAR ALTO

SEGUNDA SECCIÓN

Temas para tratar en este capítulo.

- Soldadura: Tipos de junta, preparación de junta, parámetros de soldadura, ejecución.
- Soportes: Tipos de soportes y aplicaciones, dimensiones de los soportes, requerimientos generales.
- Empaques de uniones de tubería: Tipos de empaques y sus aplicaciones, procedimientos de ensamblaje de tubería.

MEGA
2024



PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

MEGA
2024

TIPOS DE JUNTA:

No.	Símbolo	Ilustración	Descripción
1			Soldadura a tope de pestañas
2			Soldadura a tope de bordes rectos
3			Soldadura a tope en V
4			Soldadura a tope en media V
5			Soldadura a tope en Y
6			Soldadura a tope en media Y
7			Soldadura a tope en U
8			Soldadura a tope en J

9			Soldadura con respaldo
10			Soldadura de filete
11			Soldadura de tapón
12			Soldadura de puntos
13			Soldadura continua o de cordón



NOS GUSTA MIRAR ALTO

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

PREPARACION DE JUNTA :



CORTE



DESBASTE



ACABADO

NOS GUSTA MIRAR ALTO



PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

LIMPIEZA DE LA ZONA A SOLDAR:



NOS GUSTA MIRAR ALTO

**MEGA
2024**



PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

PARAMETROS DE SOLDADURA:



MEGA
2024

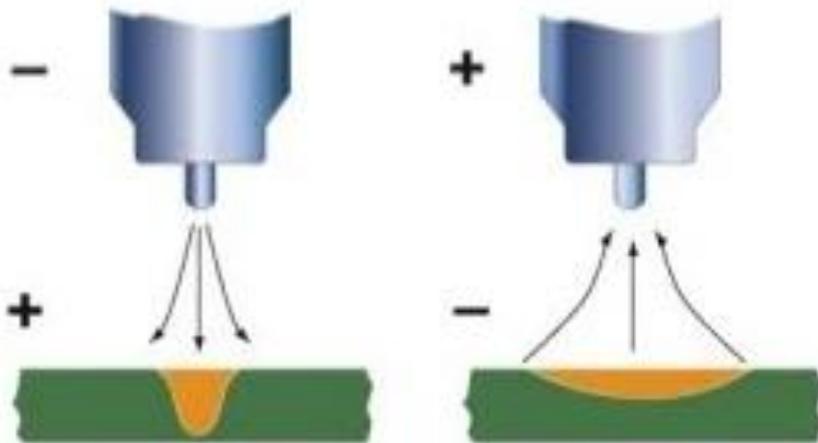


NOS GUSTA MIRAR ALTO

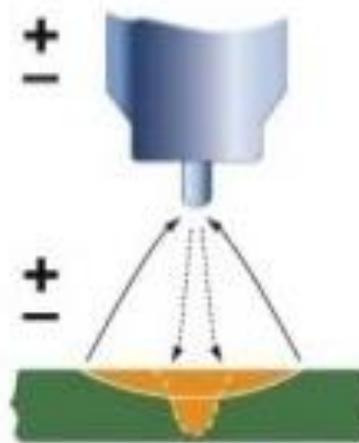
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

CORRIENTE :

ARCO
EN CORRIENTE
CONTINUA



ARCO
EN CORRIENTE
ALTERNA



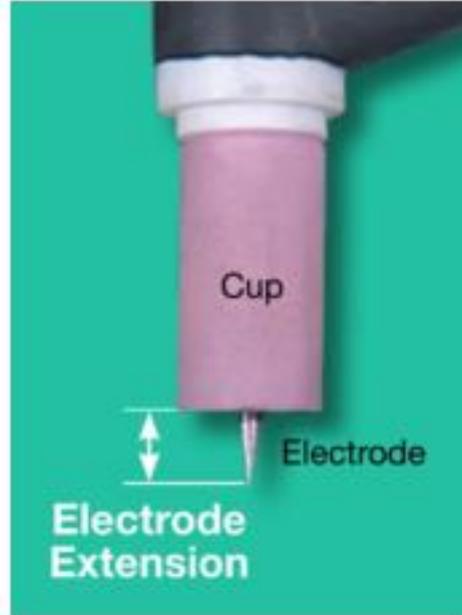
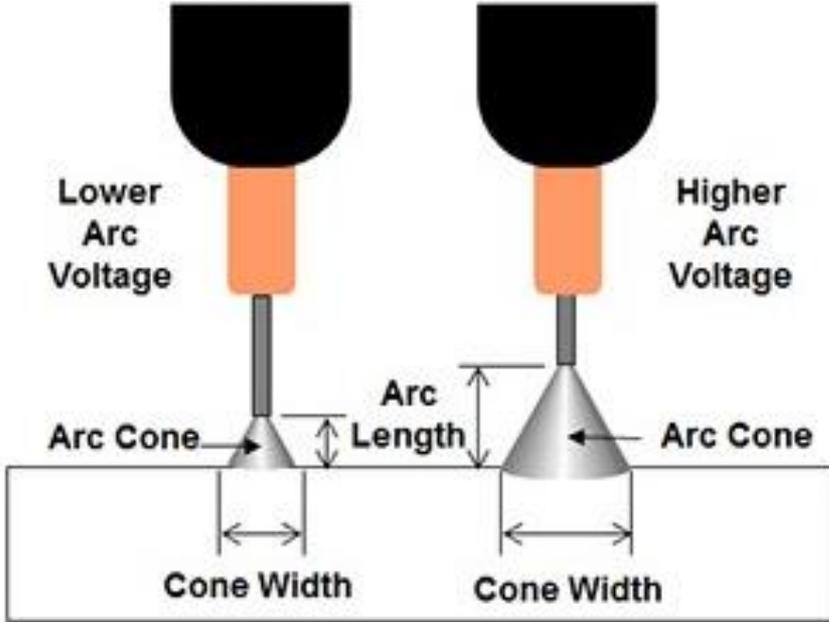
MEGA
2024



NOS GUSTA MIRAR ALTO

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

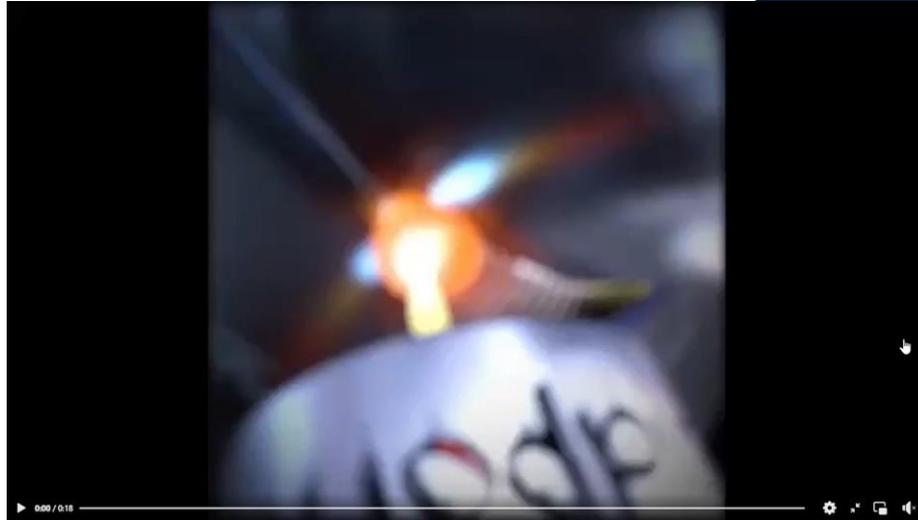
LONGITUD DE ARCO:



NOS GUSTA MIRAR ALTO

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

VELOCIDAD DE AVANCE :

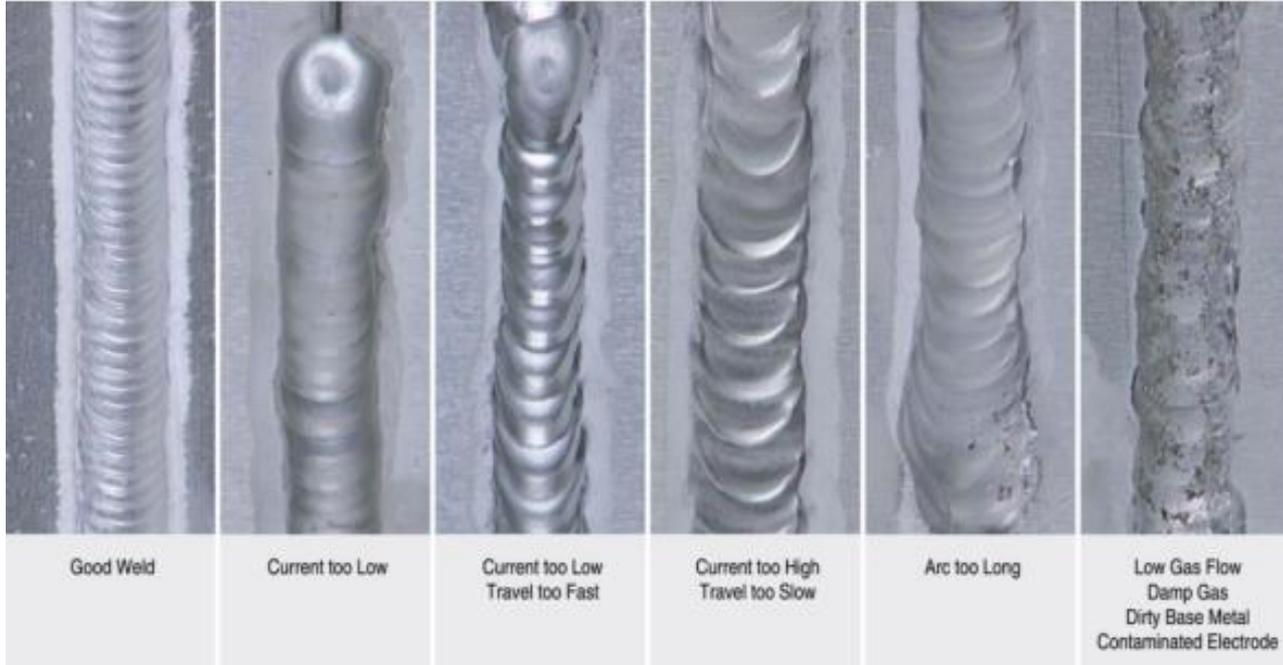


MEGA
2024

NOS GUSTA MIRAR ALTO



PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA



MEGA
2024

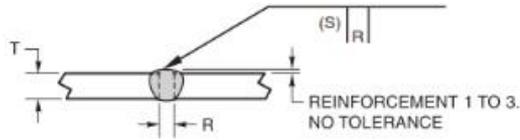


NOS GUSTA MIRAR ALTO

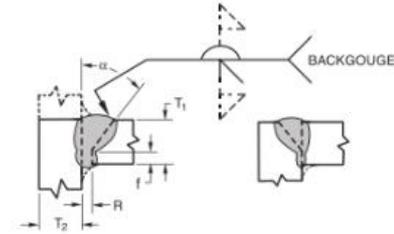
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Ejecución:

- Juntas tuberías sanitarias.



Single-bevel-groove weld (4)
T-joint (T)
Corner joint (C)

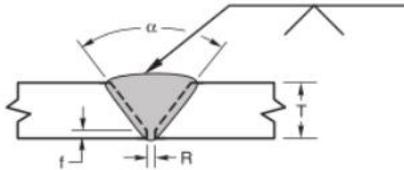


ALL DIMENSIONS IN mm

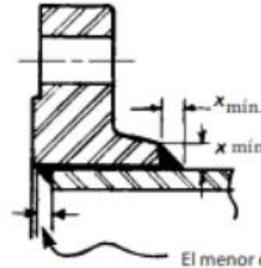
Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness		Groove Preparation		Allowed Welding Positions	Weld Size (S)	Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = Unlimited)		Groove Preparation		Allowed Welding Positions	
		T	Root Opening	Tolerances						Root Opening	Root Face Groove Angle	Tolerances			
				As Detailed (see 5.10.4)	As Fit-Up (see 5.10.4)							As Detailed (see 5.11.2)	As Fit-Up (see 5.11.2)		
SMAW GTAW	B-P1a	16 ga to 3	R = 0 to T/2	+T/2, -0	±T/2	All	3T/4								
								SMAW	TC-U4b	1/16 min. to U	1/16 min. to U	R = 0 to T/2 ≤ 1/8 f = 0 to T/2 ≤ 1/8 α = 45°	+T/4 ≤ 1/16, -0 +T/4 ≤ 1/16, -0 +10°, -0°	+1/16, -T/2 ≤ 1/8 Not limited* +10°, -5°	All
								GTAW	TC-L4b	1/16 min. to 1	1/16 min. to 1	R = 0 to T/2 ≤ 1/8 f = 0 to T/2 ≤ 1/8 α = 45°	+T/4 ≤ 1/16, -0 +1/16, -T/2 ≤ 1/8 Not limited* +10°, -0°	+1/16, -T/2 ≤ 1/8 Not limited* +10°, -5°	All

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

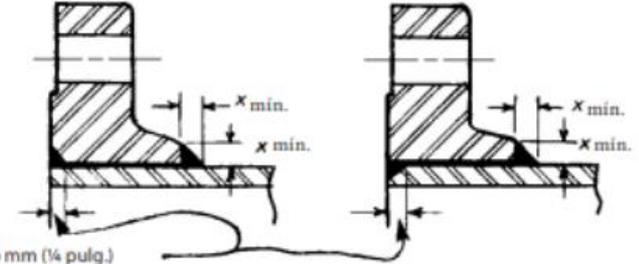
- Juntas tubería SCH 10.



Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness T	Groove Preparation			Allowed Welding Positions
			Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances		
				As Detailed (see 5.11.2)	As Fit-Up (see 5.11.2)	
GTAW	B-L2b	1/16 min. to 1	$R = 0 \text{ to } T/2 \leq 1/8$	$+T/4 \leq 1/16, -0$	$+1/16, -T/2 \leq 1/32$	All
			$f = 0 \text{ to } T/2 \leq 1/16$	$+T/4 \leq 1/32, -0$	$+0, -T/2 \leq 1$	
			$\alpha = 75^\circ$	$+0^\circ, -10^\circ$	$\pm 5^\circ$	



(1) Soldaduras parte delantera y posterior



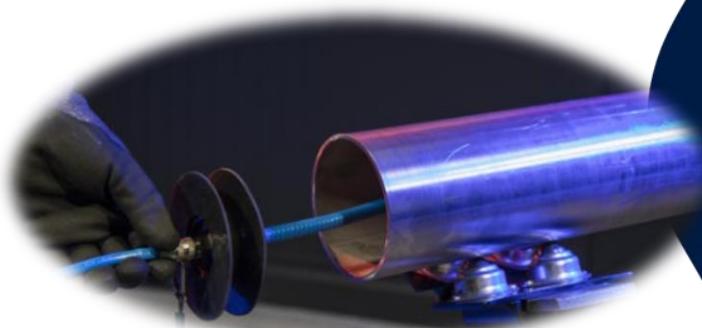
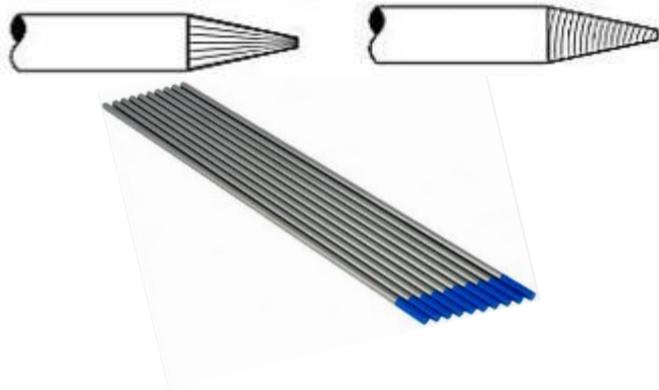
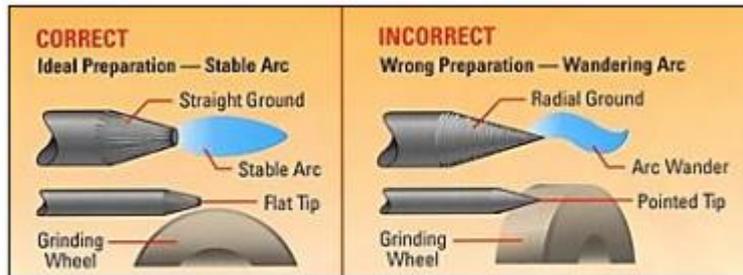
(2) Soldaduras de la cara y parte posterior

$X_{min.}$ = el menor de $1.4\bar{7}$ o el espesor del cubo



PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Buenas prácticas:



MEGA
2024



NOS GUSTA MIRAR ALTO

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Inspección visual:

- Penetración completa en todo el cordón.
- No se deben presentar poros.
- Impureza de máximo 1,5 mm, 4 cada 100 mm lineales de soldadura.
- No se deben presentar rechupes ni protuberancias de material.
- No se debe apreciar decoloración excesiva dentro de la tubería.

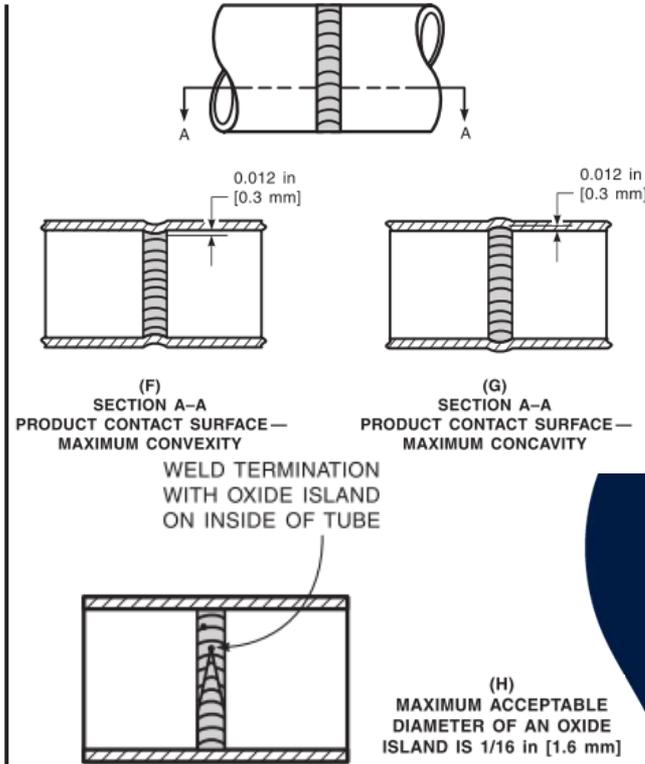
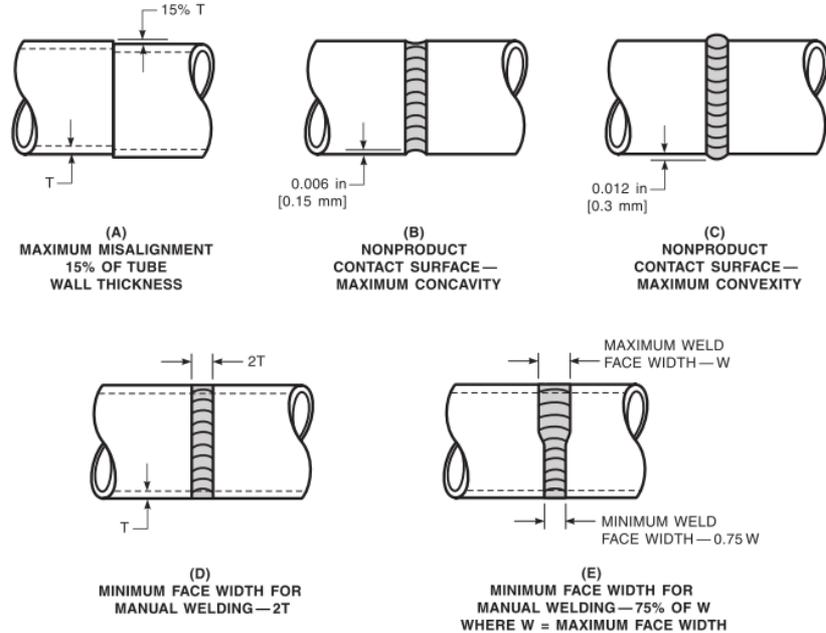
MEGA
2024



NOS GUSTA MIRAR ALTO

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

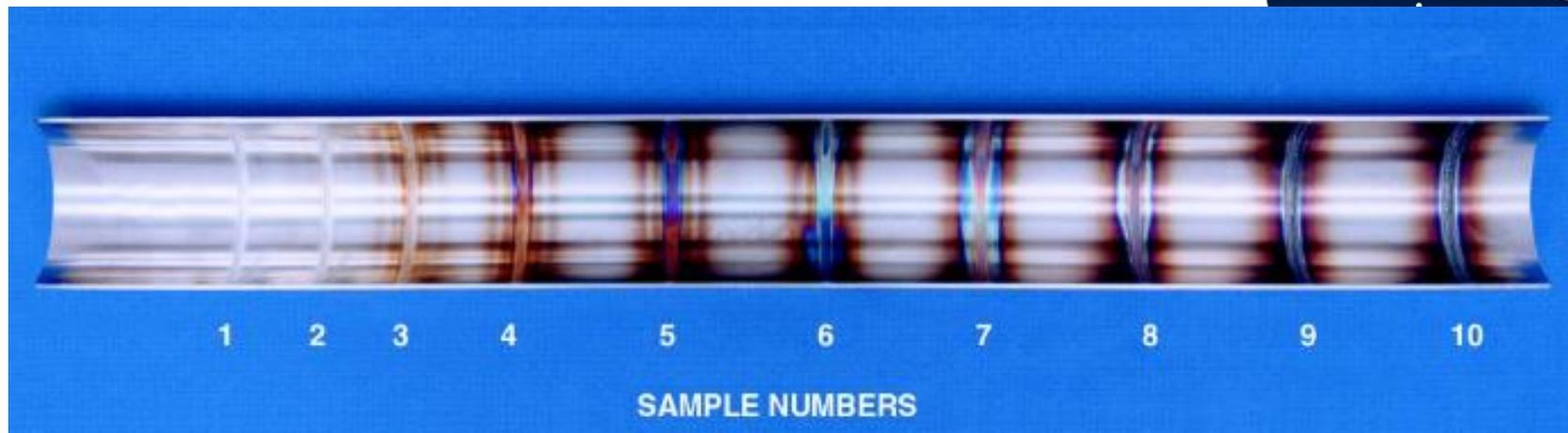
Criterios de aceptación según la norma AWS D1.8



PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

MEGA
2024

Decoloración aceptable según la norma AWS D1.8



Partes por millón de O₂ en el gas de purga

No. 1—10
No. 2—25

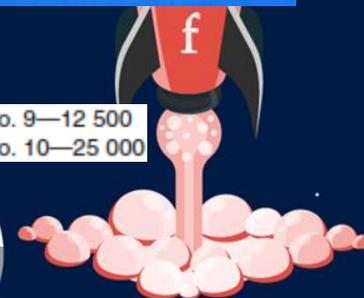
No. 3—50
No. 4—100

No. 5—200
No. 6—500

No. 7—1000
No. 8—5000

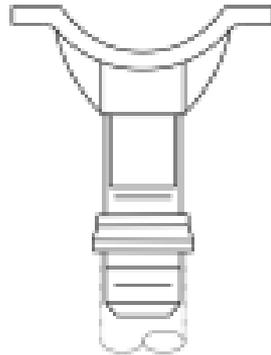
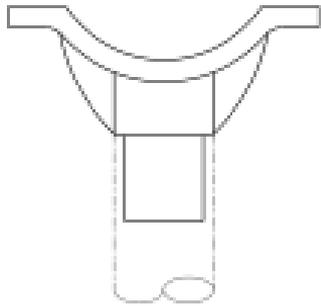
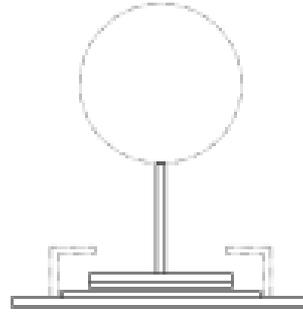
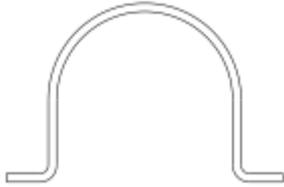
No. 9—12 500
No. 10—25 000

NOS GUSTA MIRAR ALTO



SOPORTES DE TUBERÍA

Tipos de soportes:



MEGA
2024

NOS GUSTA MIRAR ALTO



SOPORTES DE TUBERÍA

Aplicaciones:

- Agua helada
- Tubería sanitaria
- Agua caliente



- Agua potable
- Tubería sanitaria



- Vapor
- Condensado



MEGA
2024

NOS GUSTA MIRAR ALTO

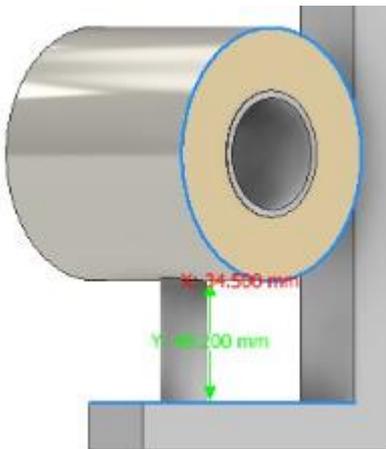


SOPORTES DE TUBERÍA

MEGA
2024

Requerimientos generales:

		1		2		3		4	
NOMINAL PIPE OR TUBE SIZE		STD WT STEEL PIPE				COPPER TUBE			
		WATER SERVICE		VAPOR SERVICE		WATER SERVICE		VAPOR SERVICE	
NPS-in	DN-mm	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m
1/4	8					5	1.5	5	1.5
3/8	10	7	2.1	8	2.4	5	1.5	6	1.8
1/2	15	7	2.1	8	2.4	5	1.5	6	1.8
3/4	20	7	2.1	9	2.7	5	1.5	7	2.1
1	25	7	2.1	9	2.7	6	1.8	8	2.4
1 1/4	32	7	2.1	9	2.7	7	2.1	9	2.7
1 1/2	40	9	2.7	12	3.7	8	2.4	10	3.0
2	50	10	3.0	13	4.0	8	2.4	11	3.4
2 1/2	65	11	3.4	14	4.3	9	2.7	13	4.0
3	80	12	3.7	15	4.6	10	3.0	14	4.3
3 1/2	90	13	4.0	16	4.9	11	3.4	15	4.6
4	100	14	4.3	17	5.2	12	3.7	16	4.9
5	125	16	4.9	19	5.8	13	4.0	18	5.5
6	150	17	5.2	21	6.4	14	4.3	20	6.1
8	200	19	5.8	24	7.3	16	4.9	23	7.0
10	250	22	6.7	26	7.9	18	5.5	25	7.6
12	300	23	7.0	30	9.1	19	5.8	28	8.5
14	350	25	7.6	32	9.8				
16	400	27	8.2	35	10.7				
18	450	28	8.5	37	11.3				
20	500	30	9.1	39	11.9				
24	600	32	9.8	42	12.8				
30	750	33	10.1	44	13.4				



LTO_

Espesores de aislamiento recomendados										
Temperatura °C	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
Diámetro tubería	Espesores de aislamiento en plg									
½	1	1	1	1½	1½	1½	2	2½	2½	3
¾	1	1	1	1½	1½	2	2	2½	3	3
1	1	1	1½	1½	2	2	2½	3	3	3½
1¼	1	1	1½	1½	2	2	2½	3	3	3½
1½	1	1	1½	1½	2	2	2½	3	3	3½
2	1	1½	1½	2	2	2½	3	3	3½	4
2½	1½	1½	2	2½	3	3	3	3½	4	4
3	1½	2	2	2½	3	3	3	3½	4	4½
4	1½	2	2½	3	3	3	3½	4	4½	5
5	1½	2	2½	3	3	3½	4	4½	5	5½
6	1½	2	2½	3	3	3½	4	4½	5	5½
8	1½	2	2½	3	3	3½	4	5	6	6
10	2	2½	3	3	3½	4	4½	5	6	6½
12	2	2½	3	3	3½	4	5	5½	6	7
14	2	2½	3	3½	4	4	5	6	6½	7
16	2	2½	3	3½	4	4½	5	6	6½	7½
18	2	2½	3	3½	4	4½	5	6	6½	7½
20	2½	3	3½	4	4	4½	5	6	7	8
22	2½	3	3½	4	4	4½	5	6	7	8
24	2½	3	3½	4	4	4½	5	6	7	8

SOPORTES DE TUBERÍA

Requerimientos Adicionales:



		COLUMNS ^(c)		COLUMNS ^(c)	
		1,2,6,7		3,4,8,9,10	
Nominal Pipe or Tubing Size		Nominal Rod Dia.		Nominal Rod Dia.	
NPS-in	DN-mm	in	mm	in	mm
1/4	6			3/8	M10
3/8	10	3/8	M10	3/8	M10
1/2	15	3/8	M10	3/8	M10
3/4	20	3/8	M10	3/8	M10
1	25	3/8	M10	3/8	M10
1 1/4	32	3/8	M10	3/8	M10
1 1/2	40	3/8	M10	3/8	M10
2	50	3/8	M10	3/8	M10
2 1/2	65	1/2	M12	1/2	M12
3	80	1/2	M12	1/2	M12
3 1/2	90	1/2	M12	1/2	M12
4	100	5/8	M16	1/2	M12
5	125	5/8	M16	1/2	M12
6	150	3/4	M20	5/8	M16
8	200	3/4	M20	3/4	M20
10	250	7/8	M20	3/4	M20
12	300	7/8	M20	3/4	M20
14	350	1	M24		
16	400	1	M24		
18	450	1	M24		
20	500	1 1/4	M30		
24	600	1 1/4	M30		
30	750	1 1/4	M30		

MEGA
2024



NOS GUSTA MIRAR ALTO

EMPAQUETADURA

Tipos de empaques:



EMPAQUES PARA FLANCHE

Identificación de colores winding



Material del espiral metálico

Color

Acero Inoxidable 304

Amarillo

Acero Inoxidable 316L

Verde

Acero Inoxidable 317L

Marrón

Acero Inoxidable 321

Azul

Acero Inoxidable 347

Turquesa

Monel

Naranja

Material del relleno no metálico

Color

PTFE

Blanco

Cerámica

Verde

Grafito Flexible

Gris

Mica Grafito Mica (HTG)

Azul

MEGA
2024



EMPAQUETADURA

Aplicaciones:



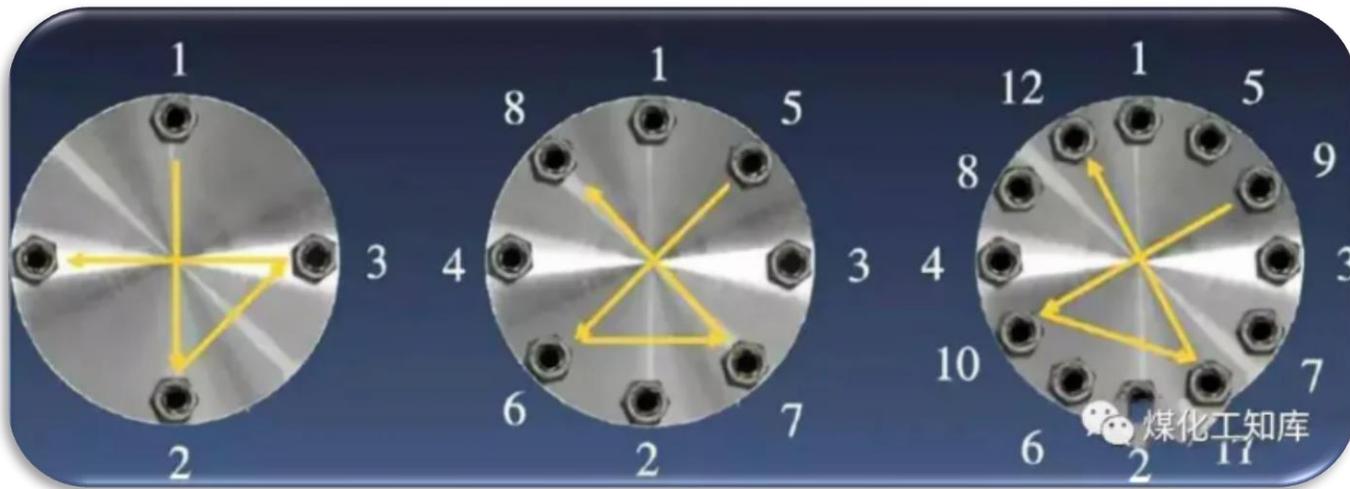
MEGA
2024

NOS GUSTA MIRAR ALTO



MONTAJE DE TUBERÍA

- Planeación del montaje.
- Preparación del equipo necesario.
- Traslado de la tubería.
- Ejecución.



NOS GUSTA MIRAR ALTO

**MEGA
2024**



BIBLIOGRAFÍA

=

http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m2/Uniones_soldadas_y_su_simbologia_segun_AWS.pdf

- AWS D1.6
- AWS D1.8
- MSS SP – 58
- ASME B 31.3

NOS GUSTA MIRAR ALTO

**MEGA
2024**





GRACIAS.



Faismon S.A.S

CAPACITACIÓN DE METROLOGÍA.

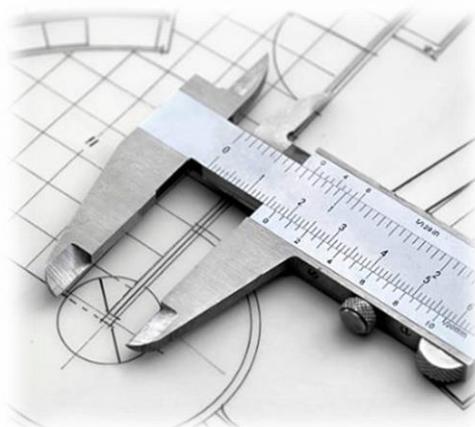


SANTIAGO ARBELÁEZ VALENCIA
ING. MECÁNICO

METROLOGÍA

¿Qué es medir ?

Es el proceso de cuantificar o determinar la magnitud, tamaño o cantidad de algo utilizando unidades de medida específicas.



MEGA
2024

NOS GUSTA MIRAR ALTO



TEMPERATURA

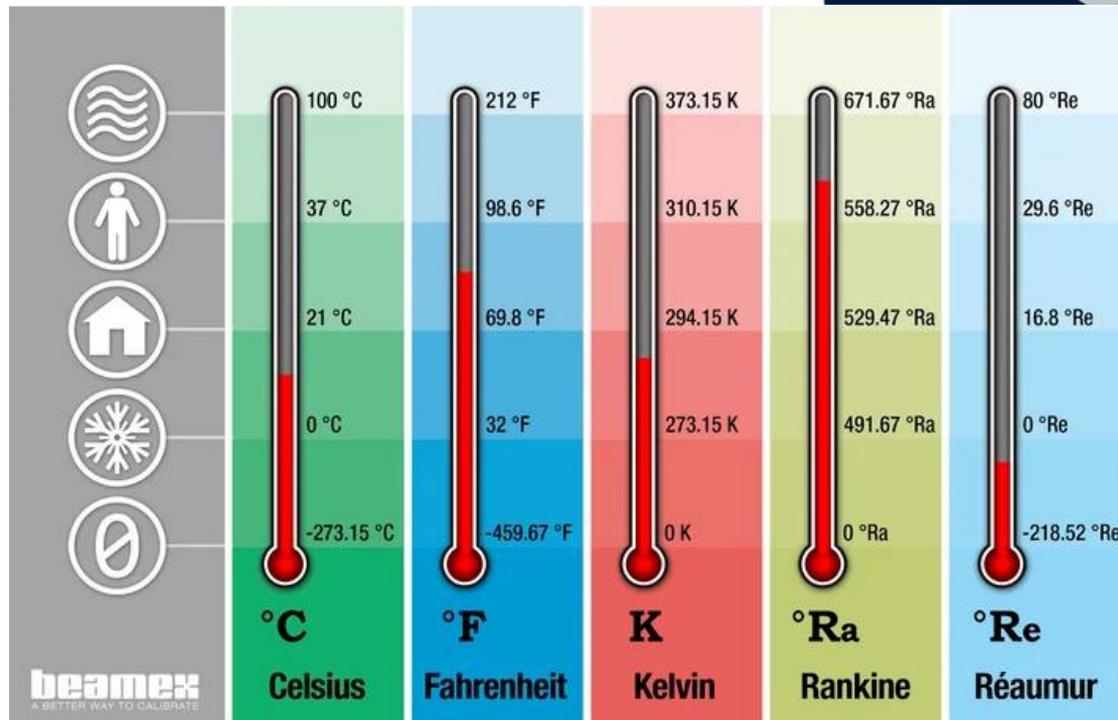
MEGA
2024

- Celsius (°C)
- Kelvin (°K)
- Fahrenheit (°F)

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \div 1.8$$

$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15$$

$$20\ ^{\circ}\text{C} = 293.15\ ^{\circ}\text{K} = 68\ ^{\circ}\text{F}$$



NOS GUSTA MIRAR ALTO

MASA

- Gramos (g)
- Tonelada (t)
- Libra (lb)
- Onza (oz)

1 kg = 1000 g

1 t = 1000 kg

1 lb = 454 g

1 oz = 28.35 g



MEGA
2024



NOS GUSTA MIRAR ALTO

TIEMPO

- Segundo (s)
- Minuto (min)
- Hora (h)
- Día (d)
- Semana
- Mes
- Año
- Década
- Siglo
- Año luz



MEGA
2024



NOS GUSTA MIRAR ALTO

LONGITUD, DISTANCIA

- Metro (m)
- Pulgada (in)
- Pie (ft)
- Yarda (yd)
- Milla (mi)

1 m = 1000 mm
1 in = 25.4 mm
1 ft = 304.8 mm
1 yd = 914,4 mm
1 mi = 1609,34 m

PREFIJOS

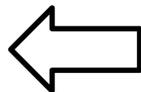
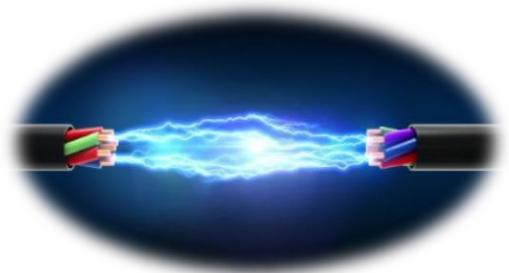
Prefijo	Símbolo	Factor	Equivalente	
Múltiplos	Exa	E	10^{18}	1000000000000000000
	Peta	P	10^{15}	1000000000000000
	Tera	T	10^{12}	1000000000000
	Giga	G	10^9	1000000000
	Mega	M	10^6	1000000
	Kilo	k	10^3	1000
	Hecto	h	10^2	100
	Deca	da	10^1	10
Submúltiplos	Deci	d	10^{-1}	0.1
	Centi	c	10^{-2}	0.01
	Mili	m	10^{-3}	0.001
	Micro	μ	10^{-6}	0.000001
	Nano	n	10^{-9}	0.000000001
	Pico	p	10^{-12}	0.000000000001
	Femto	f	10^{-15}	0.000000000000001
	Atto	a	10^{-18}	0.000000000000000001

MEGA
2024



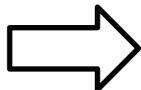
NOS GUSTA MIRAR ALTO

OTRAS UNIDADES DE MEDIDA



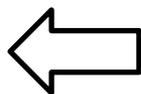
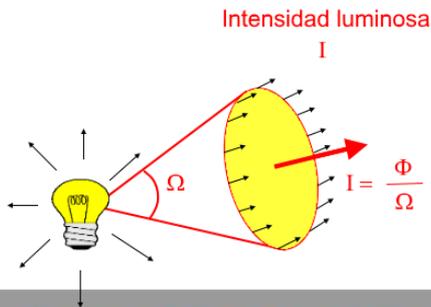
INTENSIDAD DE CORRIENTE
ELECTRICA (A)

CANTIDAD DE SUSTANCIA (mol)



1 Mol

$6,022 \times 10^{23}$
unidades



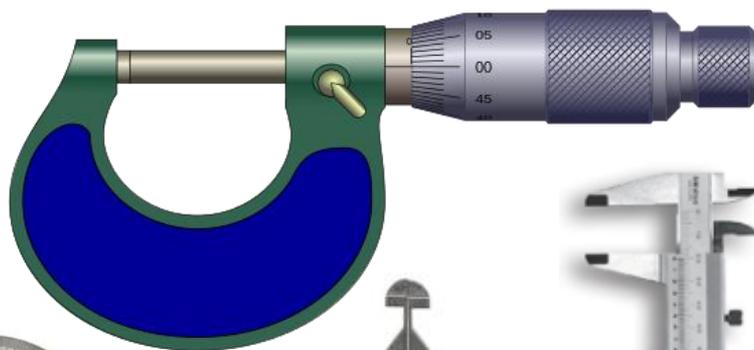
INTENSIDAD LUMINOSA (cd)

NOS GUSTA MIRAR ALTO

**MEGA
2024**



HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN DE LONGITUD



MEGA
2024

NOS GUSTA MIRAR ALTO



**Alta exactitud
y baja precisión**



**Alta exactitud
y alta precisión**



**Baja exactitud
y baja precisión**



**Alta precisión
y baja exactitud**



PRESICIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN



± 1 mm



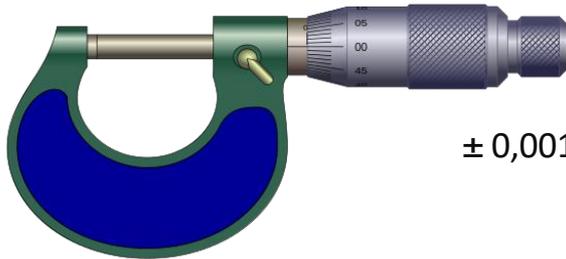
± 1 mm



$\pm 0,02 - \pm 0,1$ mm



$\pm 1^\circ$



$\pm 0,001 - \pm 0,01$ mm



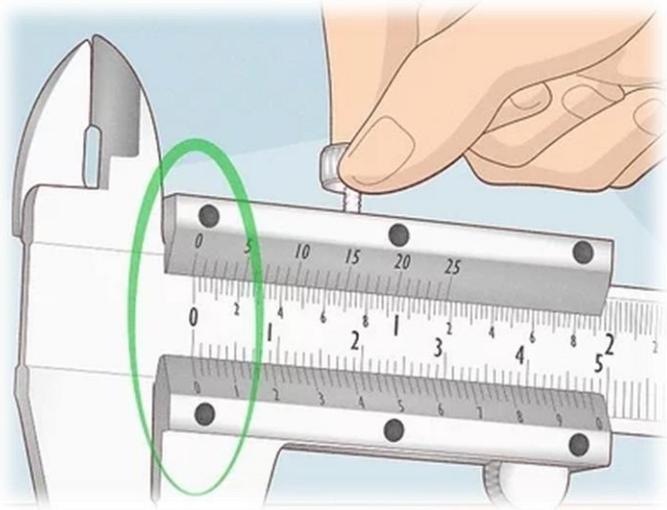
$\pm 1^\circ$

MEGA
2024



NOS GUSTA MIRAR ALTO

¿ COMO SE MIDEN LONGITUDES ?



MEGA
2024

NOS GUSTA MIRAR ALTO



NIVEL



MEGA
2024



NOS GUSTA MIRAR ALTO

PRESION

- Pascal (Pa)
- Libra por pulgada cuadrada (psi)
- BAR (bar)
- Milímetro de mercurio (mmHg)

1 Pascal = 1 N/m²

1 psi = 6,894.76 Pa

1 bar = 14.5 psi

1 mmHg = 0.0193368 psi



OTRO TIPO DE MEDICIONES

MEGA
2024

Metrología de vibraciones



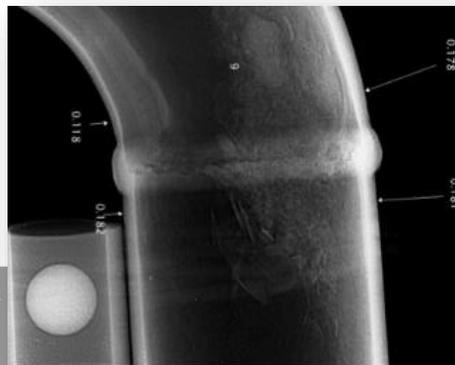
Escaneo 3D



Medición e instrumentación industrial



Inspección de rayos X



ALTO_

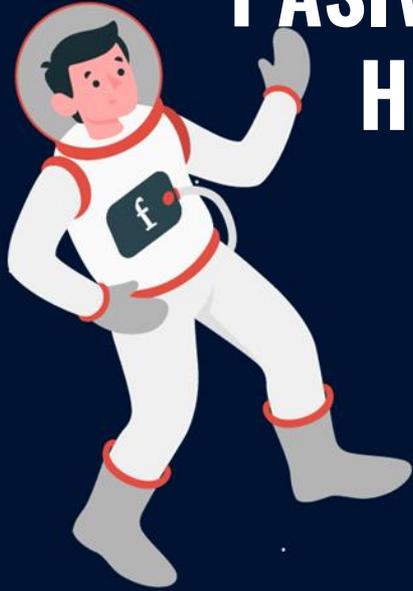


GRACIAS.



Faismon S.A.S

CAPACITACIÓN DE PURGA, DECAPADO, PASIVADO Y PRUEBA HIDROSTÁTICA

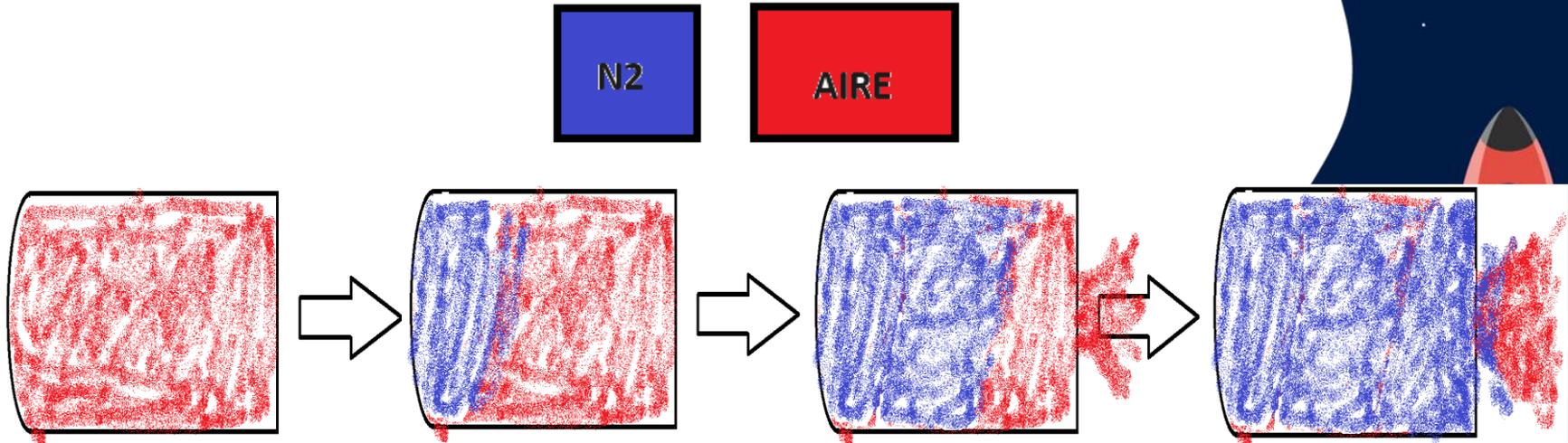


SANTIAGO ARBELÁEZ VALENCIA
ING. MECÁNICO

PROCESO DE PURGA

¿Qué es purgar una tubería?

Es el proceso que se emplea para desplazar el oxígeno presente en la recámara interna del tubo, reemplazándolo por un gas inerte.



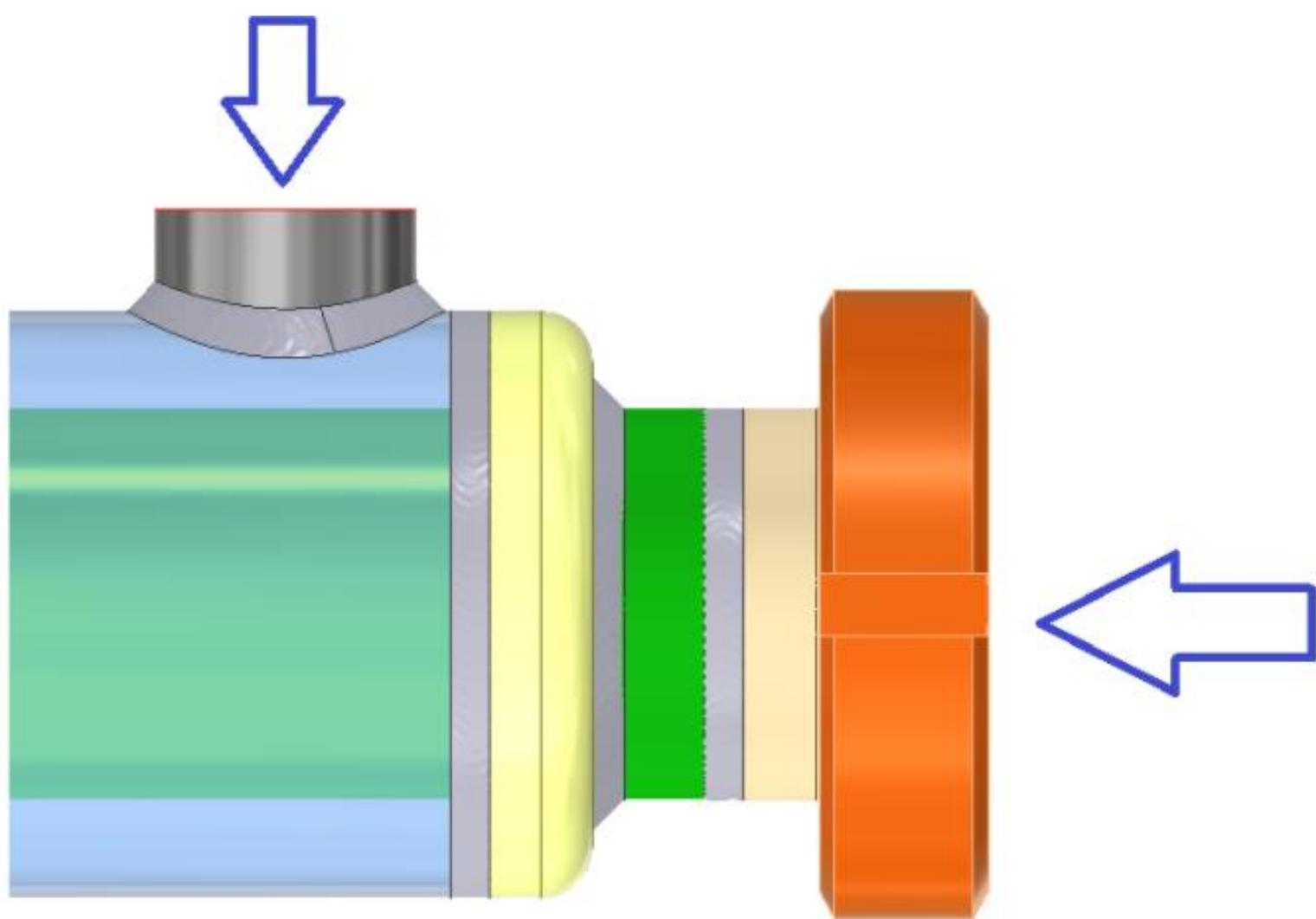
¿ COMO REALIZAR UNA BUENA PURGA ?

- LA REGAMARA DEBE PERMITIR EL INGRESO Y SALIDA DEL NITROGENO.
- SE DEBE REALIAR UN LLENADO PRELIMINAR DE LA REGAMARA (ALTO CAUDAL)
- LUEGO SE DEBE MANTENER UN FLUJO CONSTANTE DE NITROGENO MIENTRAS SE REALIZA EL PROCESO DE SOLDADURA (CAUDAL REDUCIDO)
- AL TERMINAR DE SOLDAR SE DEBE DEJAR EL FLUJO DE NITROGENO DURANTE UNOS SEGUNDOS (20 - 30 SEGUNDOS)
- SIEMPRE QUE UNA PIEZA PRESENTE AFECTACION TERMICA POR LA SOLDADURA REQUERIRA GAS DE PURGA.

MEGA
2024



NOS GUSTA MIRAR ALTO



DECAPADO Y PASIVADO

- ES DECAPADO SE EMPLEA PARA ELIMINAR ÓXIDOS, CONTAMINANTES Y CAPAS SUPERFICIALES DAÑADAS DEL METAL.
- EI PASIVADO SE EMPLEA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN DEL METAL DESPUÉS DEL DECAPADO.



MEGA
2024



INSTRUCCIONES DE USO

- SIEMPRE SE DEBE DE LEER LAS INSTRUCCIONES DEL FABRICANTE Y ESTAR ATENTOS AL CAMBIO DE PRODUCTO QUE SE PUEDA PRESENTAR PARA SEGUIR LAS INSTRUCCIONES DEL NUEVO PRODUCTO.
- SE DEBE APLICAR Y DEJAR ACTUAR EL GEL EL TIEMPO ESTIPULADO POR EL FABRICANTE.
- UTILIZAR SIEMPRE LOS ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL (EPP) ADECUADOS PARA ESTA APLICACIÓN.
- LUEGO DE QUE PASE EL TIEMPO DE ACCIÓN DEL GEL, LAVAR CON AGUA ENERGICAMENTE LA ZONA DE APLICACIÓN, EMPLEANDO ELEMENTOS QUE NO CONTAMINEN LA TUBERÍA (CEPILLOS DE ACERO INOXIDABLE, SCOTCH BRITE)

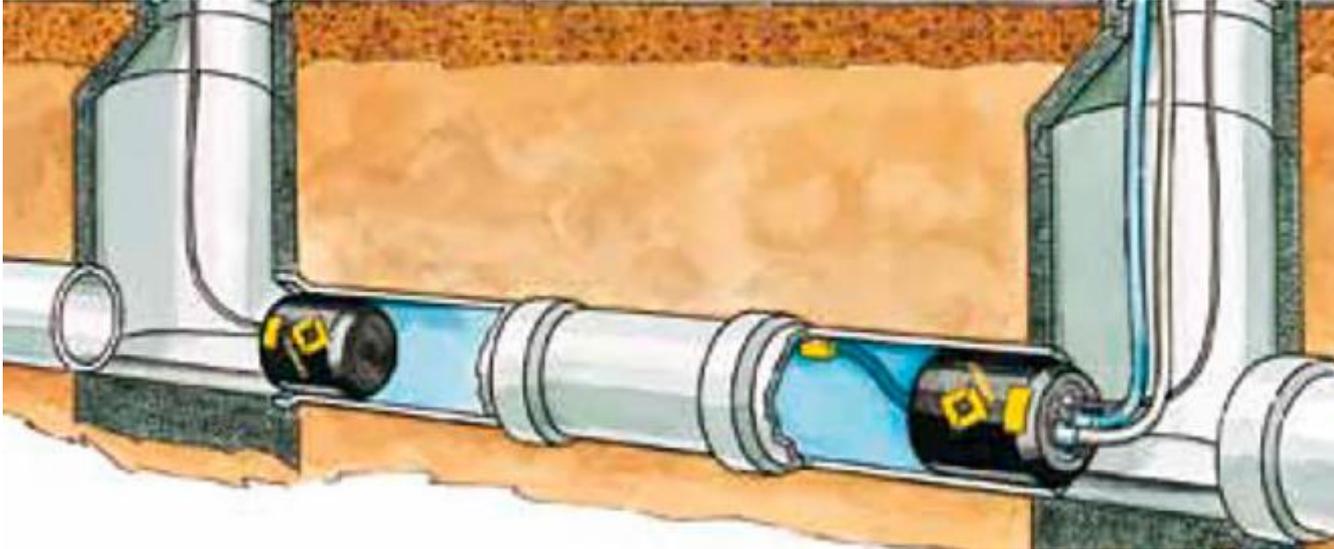
MEGA
2024



NOS GUSTA MIRAR ALTO

PRUEBA HIDROSTATICA

ES UN MÉTODO UTILIZADO PARA VERIFICAR LA INTEGRIDAD Y LA RESISTENCIA DE RECIPIENTES A PRESIÓN



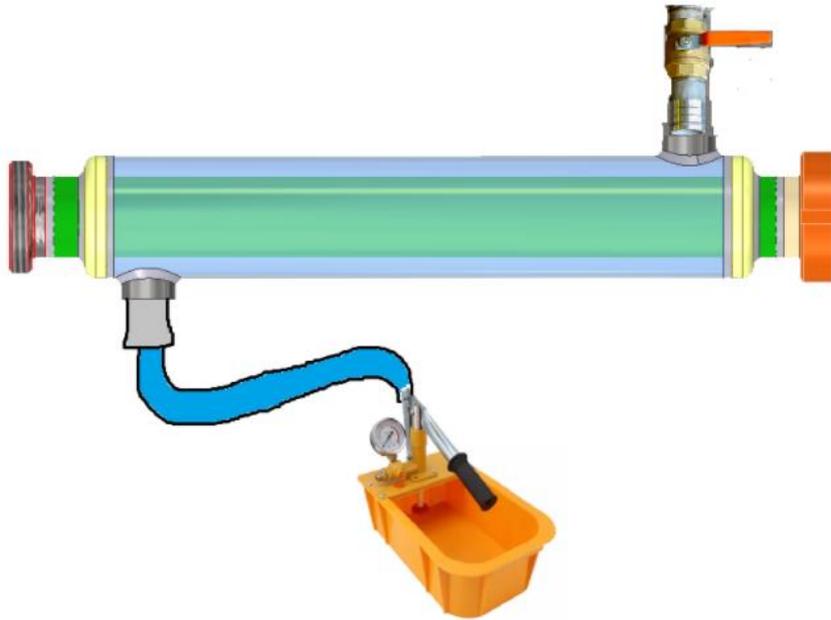
MEGA
2024



NOS GUSTA MIRAR ALTO

¿CÓMO HACER UNA PRUEBA HIDROSTATICA?

La prueba se debe realizar durante mínimo 20 minutos a 150 PSI



MEGA
2024



NOS GUSTA MIRAR ALTO



GRACIAS.



Faismon S.A.S