

FABRICACION DE TUBERIA CON COSTURA

CATHERINE CIFUENTES ECHEVERRY

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECANICA
MEDELLÍN
2011

FABRICACION DE TUBERIA CON COSTURA

CATHERINE CIFUENTES ECHEVERRY

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR
POR EL TITULO DE INGENIERA MECANICA

Asesor
JOHN ALBERTO BETANCUR

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECANICA
MEDELLÍN
2011

CONTENIDO

	pág.
1. OBJETIVOS	13
1.1 OBJETIVO GENERAL	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2. ESTADO DEL ARTE	14
2.1 GENERALIDADES DE TUBERÍAS	14
2.2 PROCESO DE FABRICACION DEL ACERO PARA LA TUBERIA FERROSA	15
2.2.1 Proceso Convertidor Bessemer y Thomas	15
2.2.2 Proceso de corazón abierto	16
2.2.3 Proceso del horno eléctrico	16
2.3 MÉTODOS DE FABRICACIÓN PARA TUBERÍA METÁLICA	19
2.3.1 Sin costura (sin soldadura)	19
2.3.1.1. Laminador continuo	19
2.3.1.2. Laminador peregrino	20
2.3.1.3. Laminador reductor estirado en frio	22
2.3.2 Con costura longitudinal	23
2.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBERÍA CON COSTURA EN LA COMPAÑÍA SERVICIOS INDUSTRIALES O.C.G	27
2.4.1 Condiciones generales	28
2.4.1.1. Orden de pedido	28
2.4.1.2. Fabricación	28
2.4.1.3. Proceso de la materia prima	28
2.4.1.4. Recepción de la materia prima	28
2.4.1.5. Trazado y corte	36
2.4.1.5. Pre-curvado	39
2.4.1.6. Rolado	40
2.4.2 Soldadura	43

2.4.2.1. Instructivo de soldadura	43
2.4.2.2. Preparación para la soldadura	44
2.4.2.3. Tipo de soldadura	44
2.4.2.4. Inspección visual de las soldaduras	45
2.4.2.5. Ensayos no destructivos.	46
2.4.2.6. Formato de rendimiento	47
2.5 SAND-BLASTING	60
2.5.1 Método de trabajo	60
2.5.2 Limpieza con chorro de arena	60
2.5.3 Pintura	60
2.5.3.1. Aspectos generales	60
2.5.3.2. Pintura de superficies que van a estar en contacto con agua	61
2.5.3.3. Pintura de superficies expuestas al ambiente	61
2.5.4 Pruebas e inspección para aceptación de pinturas	61
3. ANÁLISIS INTERNO DEL NEGOCIO	66
3.1 RECURSOS INTANGIBLES	66
3.2 TANGIBLES	66
3.3 CAPACIDADES	66
3.4 COMPETENCIAS CENTRALES	67
3.5 VENTAJA COMPETITIVA	67
3.6 SITUACIÓN ACTUAL DE LA COMPAÑÍA ¿QUE HAY?	68
3.7 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	69
3.8 PROYECCIÓN DE LA COMPAÑÍA ¿A DONDE SE QUIERE LLEGAR?	69
3.9 DIAGRAMA DE MATRIZ DOFA	70
4. CONCLUSIONES	71
BIBLIOGRAFIA	73

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Convertidor de Bessemer	15
Figura 2. Horno de corazón abierto	16
Figura 3. Horno eléctrico	17
Figura 4. Ilustración del proceso en general	18
Figura 5. Esquema de proceso de laminador continuo	20
Figura 6. Proceso detallado del laminador peregrino	21
Figura 7. Proceso general de laminado peregrino	22
Figura 8. Laminador estirado en frío	23
Figura 9. Esquema proceso de soldadura SMAW	25
Figura 10. Esquema proceso de soldadura GMAW	26
Figura 11. Esquema proceso de soldadura GTAW	27
Figura 12. Esquema proceso de soldadura SAW	27
Figura 13. Tipo y tamaño del cordón	45
Figura 14. Estructura organizacional	69
Figura 15. Diagrama de matriz DOFA	70

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Diagrama de proceso de acería laminada en caliente	18
--	----

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Plan general de pruebas e inspección	30

LISTA DE FLUJOGRAMAS

	pág.
Flujograma 1. Proceso de recepción de materia prima	31
Flujograma 2. RG 31 - Flujograma de proceso de trazo, corte, biselado y rolado de lámina	37
Flujograma 3. Flujograma de soldadura	48

LISTA DE FORMATOS

	pág.
Formato 1. Lista de chequeo proceso de recepción de material	32
Formato 2. Inspección recepción materiales	33
Formato 3. Informe recepción de materia proyecto	34
Formato 4. Control dimensional	42
Formato 5. Certificado de calidad de la soldadura	52
Formato 6. Control de soldadura	53
Formato 7. Reporte inspección visual de soldadura	58
Formato 8. Registro verificación equipos de pintura	63
Formato 9. Inspección espesores de pintura	64
Formato 10. Inspección perfil de anclaje	65

LISTA DE FOTOS

	pág.
Foto 1. Control dimensional de materia prima	29
Foto 2. Corte de lámina con oxicorte	36
Foto 3. Precurvado	40
Foto 4. Plantilla de precurvado	40
Foto 5. Rolado de tubería	41
Foto 6. Ensamble de tubería	55
Foto 7. Soldadura de tubería en el interior	55
Foto 8. Soldadura de tubería en el exterior	58

INTRODUCCIÓN

En 1.986 nace Servicios Industriales O.C.G. S.A.S fortaleciendo y apoyando a diferentes sectores de la industria colombiana, mediante la fabricación, diseño y reconstrucción de maquinaria. Hoy años de trayectoria, avalan su experiencia. Se cuenta con una capacidad de maquinaria que permite el mecanizado de cualquier tipo de pieza. Nuestra política ha sido el compromiso de lograr productos que cumplan con los estándares de calidad

Misión. Somos una empresa del sector metalmecánico, conformada por un equipo humano calificado, que con base en herramientas integrales de ingeniería, pone a disposición del sector empresarial una amplia gama de soluciones.

Prestamos un excelente servicio durante las 24 horas, para suplir las necesidades del cliente, con alta calidad en nuestros productos, claridad de nuestras políticas, celeridad y cumplimiento de nuestros procesos; logrando la satisfacción del cliente, retroalimentación y crecimiento, rentabilidad de la empresa, lo que nos permite estar al día con los sistemas de gestión que contribuyen al mejoramiento continuo.

Visión. A corto plazo consolidar nuestra presencia y liderazgo a nivel nacional y a largo plazo a nivel internacional, con base en un servicio oportuno y eficaz, mediante un alto desarrollo tecnológico y un equipo humano altamente calificado.

Actualmente la compañía se encuentra en innovaciones tecnológicas, donde se ha capacitado y ha creado nuevas líneas de mercado, enfocándose en las necesidades principales de sus clientes potenciales, analizando, investigando y desarrollando soluciones óptimas para el desarrollo técnico de problemas cotidianos. Basándose en esto, y con proyecciones favorables hacia el futuro ha

visto la necesidad de innovar en una nueva línea de mercado y es por este motivo que se ha lanzado en la fabricación de tubería con costura.

La tubería es un conducto que cumple la función de transportar líquidos y/o sólidos La fabricación se realiza con diferentes materiales dependiendo de las condiciones de uso o las seleccionadas por el diseñador.

En este proyecto hablaremos sobre tubería con costura, la cual será fabricada en una empresa Colombiana “SERVICIOS INDUSTRIALES O.C.G. S.A.S”.

Principalmente se orientará el proyecto a buscar métodos de organización de los procesos involucrados en la construcción de tubería de acero con costura, con el fin de optimizar el proceso y tener un registro de cada operación. Una parte fundamental en este proyecto será apoyarse en normas técnicas de construcción y de especificaciones lo cual conlleven a la fabricación exitosa de tubería, donde se pueda garantizar un producto de excelente calidad y trazabilidad.

Esta compañía se ha dedicado desde sus principios al mantenimiento, fabricación y reconstrucción de piezas industriales, especializada en el área de mecanizado. Por los cambios del mercado y buscando mercados potenciales, Servicios Industriales O.C.G.E.U. ha cambiado un poco su proyección hacia el mercado.

La tubería de acero según suposiciones debió haberse empezado a fabricar en los años 1400 cuando se hicieron los primeros cañones de hierro fundido, es de esperarse que también en estos tiempos se halla instalado el primer sistema de tuberías para transportar agua, la primera tubería fundida instalada data del año 1455 en Alemania donde se instaló una tubería para llevar agua al castillo Dillenberg.

La fabricación de tubería en aquellos tiempos era solamente por fundición, desde el siglo XX se han venido utilizando otros métodos de fabricación que pueden llegar a ser más económicos y casi con las mismas propiedades que el de acero fundido o tubería sin costura, se trata de la tubería con costura, tiene la ventaja de ser más rápida de fabricar, menos riesgosa y la desventaja que puede llegar a tener es no poseer el mismo diámetro en todas las direcciones de la sección del tubo, es decir puede llegar a no ser completamente circular como debería ser, lo que podría ocasionar vorticidad si el fluido transportado es agua a alta presión, por ejemplo, también puede llegar a ocasionar pérdidas de presión las cuales en el caso del sector hidroeléctrico deben de ser muy controladas.

Servicios Industriales O.C.G actualmente está interesada en comenzar y desarrollar un nuevo producto y es allí donde se da inicio a la fabricación de tubería con costura, la cual tiene aplicación de conducción a alta presión dicho proceso hasta el momento no tiene los procedimientos, formatos y un personal

debidamente seleccionado para tal fin. Es así como el desarrollo de este proyecto se adelantará un protocolo de fabricación el cual permita estandarizar y entregar el producto con las respectivas especificaciones solicitadas por el cliente y/o la norma de referencia.

Debido a la certificación actual que presenta la empresa, se difunde la cultura de la normalización en los procesos críticos y este proceso de fabricación de tubería es uno de ellos y por tal razón se deben asegurar técnica y metrológicamente todo lo relacionado con dicho proceso.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Estandarizar los procesos relacionados con la fabricación de tubería con costura, la identificación de los procesos y variables metrologías a controlar bajo las especificaciones de normas nacionales e internacionales.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los procesos de fabricación de tubería existentes en el medio industrial.
- Identificar los procesos de manufactura en la fabricación de tubería con costura utilizados en la empresa Servicios Industriales O.C.G.S.A.S
- Elaborar como metodología de trabajo una matriz DOFA en la estandarización de los procesos de fabricación de tubería con costura.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 GENERALIDADES DE TUBERÍAS

La historia de la tubería va desde años atrás donde se usaba madera hueca para proveer agua a las ciudades medievales, después de esto se comenzó a construir tubería en hierro fundido donde su uso se hizo mas frecuente en Inglaterra y Francia al inicio del siglo XIX, Una de las primera líneas de tubería para agua mas grandes en hierro fundido fue construida para Filadelfia en 1817 y Nueva York en 1832. El proceso de Mannesmann fue desarrollado en Alemania en 1885 y comercializado en Inglaterra en 1887. La primera fábrica en Estados Unidos de tubería sin costura fue construida en 1895. A principios del siglo XX la tubería sin costura fue tomando fuerza en la industria de los diferentes sectores. En ese tiempo la tubería soldada no presentaban gran confiabilidad como en la actualidad así que la tubería por excelencia era la que no tenia costura. ¹

Los principios básicos del diseño, construcción y mantenimiento de tubería de un país a otro no varia mucho, pero los requerimientos de los códigos y los estándares pueden variar sustancialmente, aunque el ingeniero encargado de este siempre debe asegurar que prima la seguridad de todas las personas involucradas en estos procesos, desde los trabajadores hasta los usuarios finales.

Las tuberías se construyen en diferentes materiales dependiendo principalmente de las condiciones técnicas y económicas. Hay diferentes tipos de materiales como también diferentes aplicaciones uno de los mas comunes son el poliéster reforzado con fibra de vidrio, acero, latón, cobre, plomo, hormigón, polipropileno, polietileno de alta densidad, entre otro.

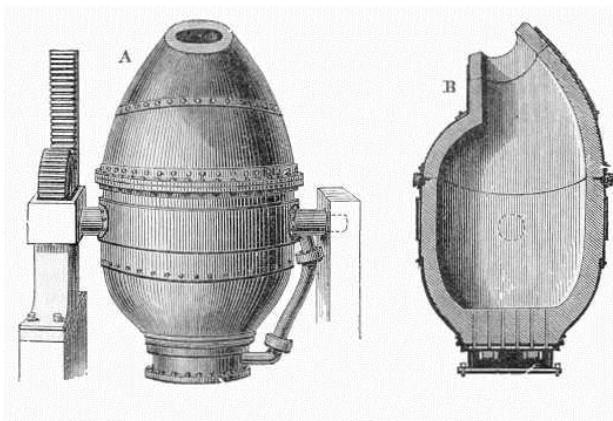
¹ NAYYAR. Piping handbook. Nueva York: McGraw Hill, 1992, p. 279

2.2 PROCESO DE FABRICACION DEL ACERO PARA LA TUBERIA FERROSA

Gracias al desarrollo de la metalurgia, la fabricación de tubería sin costura y con costura pudo ser fabricada más económica, de alta producción y aplicación. Estos procesos de fabricación los cuales competen a la tubería están sectorizadas en 3 grandes procesos los cuales todos ellos parten del laminado en caliente.

2.2.1 Proceso Convertidor Bessemer y Thomas. El proceso Bessemer fue el primer sistema utilizado y el más simple de todos los métodos. Este permite obtener en un solo proceso que parte del hierro líquido, (también llamado coladas). La operación se realiza en el convertidor, con toberas en su fondo y abierta en su parte superior, La carga de hierro líquido se realiza con el convertidor en posición horizontal, lo que deja abiertas las toberas. Se inyecta el aire necesario a través de un agujero convertidor, el aire a presión pasa a través del hierro líquido, introduciéndose así el oxígeno necesario para el afino. El tiempo necesario del soplado es sólo de 15 min, por lo que el éxito del proceso depende de la pericia del operario.

Figura 1. Convertidor de Bessemer

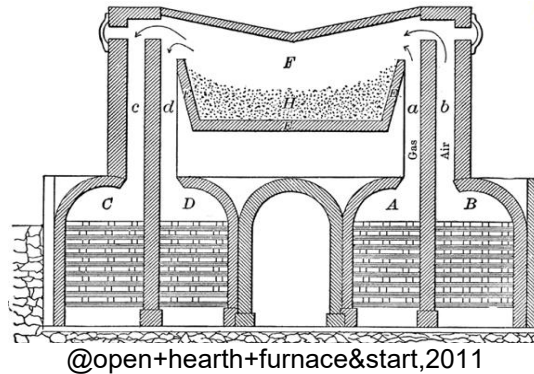


@wordpress.com,2011

2.2.2 Proceso de corazón abierto. Desde comienzo del siglo XX este proceso es el que domina en todos los países debido al tonelaje producido, siempre en ascenso; no obstante tuvo un gran golpe desde el desarrollo de los hornos eléctricos y debido ha este ah venido extinguiéndose

El rápido auge inicial del proceso Bessemer se debió a su sencillez. El predominio final del proceso de corazón abierto obedece, a su posibilidad de utilizar con ventaja chatarra para poder fundirla, a su flexibilidad en el uso de otras materias primas y a su cualidad de obtener una gama más amplia de aceros de muy buena calidad. Los quemadores situados en ambos extremos del horno funcionan alternativamente en ciclo controlado, por lo general de 10-15 min. Los combustibles que se suelen utilizar son gas de hulla, gas natural.

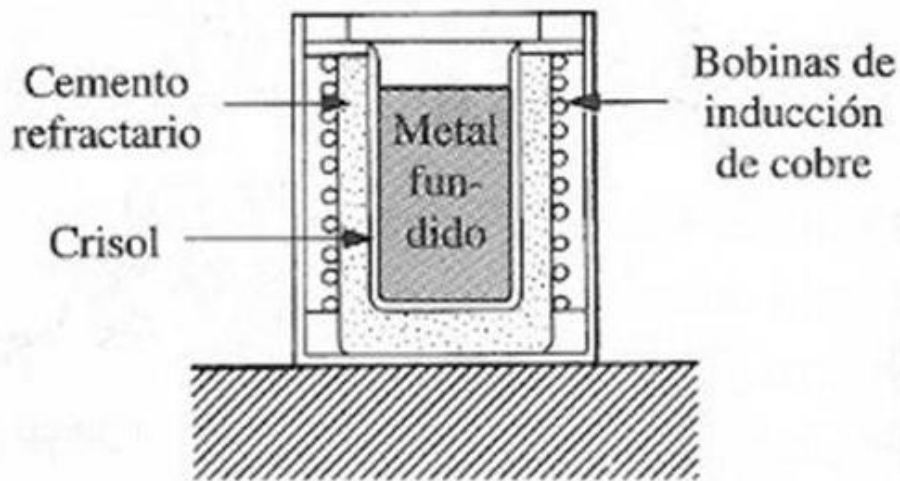
Figura 2. Horno de corazón abierto.



2.2.3 Proceso del horno eléctrico. El progreso de la electricidad permitió, hacia el año 1900, que el horno eléctrico se introdujera a escala industrial para fabricar acero (50 años después de los procesos de afino por soplado y por solera). El horno de arco calienta directamente el baño de acero por debajo de la escoria y consigue la alta temperatura necesaria de trabajo. Sin requerir la presencia de oxígeno en su atmósfera, el horno eléctrico ocupa una posición privilegiada para la fabricación de una amplia gama de calidades de aceros finos aleados, con

elevados contenidos de elementos de aleación oxidables, tales como el carbono, vanadio y wolframio. El horno de tres electrodos ha alcanzado gran auge y perfeccionamiento, no sólo por la alta calidad del acero que se obtiene, sino también en muchos casos por ser competitivo con el proceso de afino por solera para cualquier calidad de acero; parece que continúa aumentando su importancia, incluso para la producción de grandes tonelajes, merced a la menor inversión necesaria o también cuando se dispone de energía eléctrica a coste inferior o similar a la caloría gas.

Figura 3. Horno eléctrico.



@tecnometalesferrosos,2011

Diagrama 1. Diagrama de proceso de acería laminada en caliente.

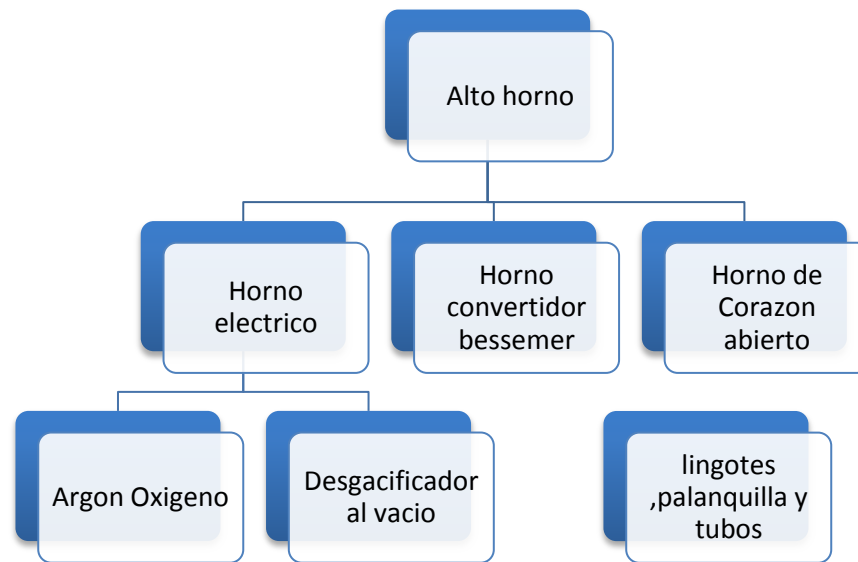









Figura 4. Ilustración del proceso en general

Horno de fusion	Vaciado	Horno de afinacion	Desgacificacion
			
Colada continua/ Vaciado en fuente	Corte de barra	Barra /lingote	
			

@siderca.com,2011

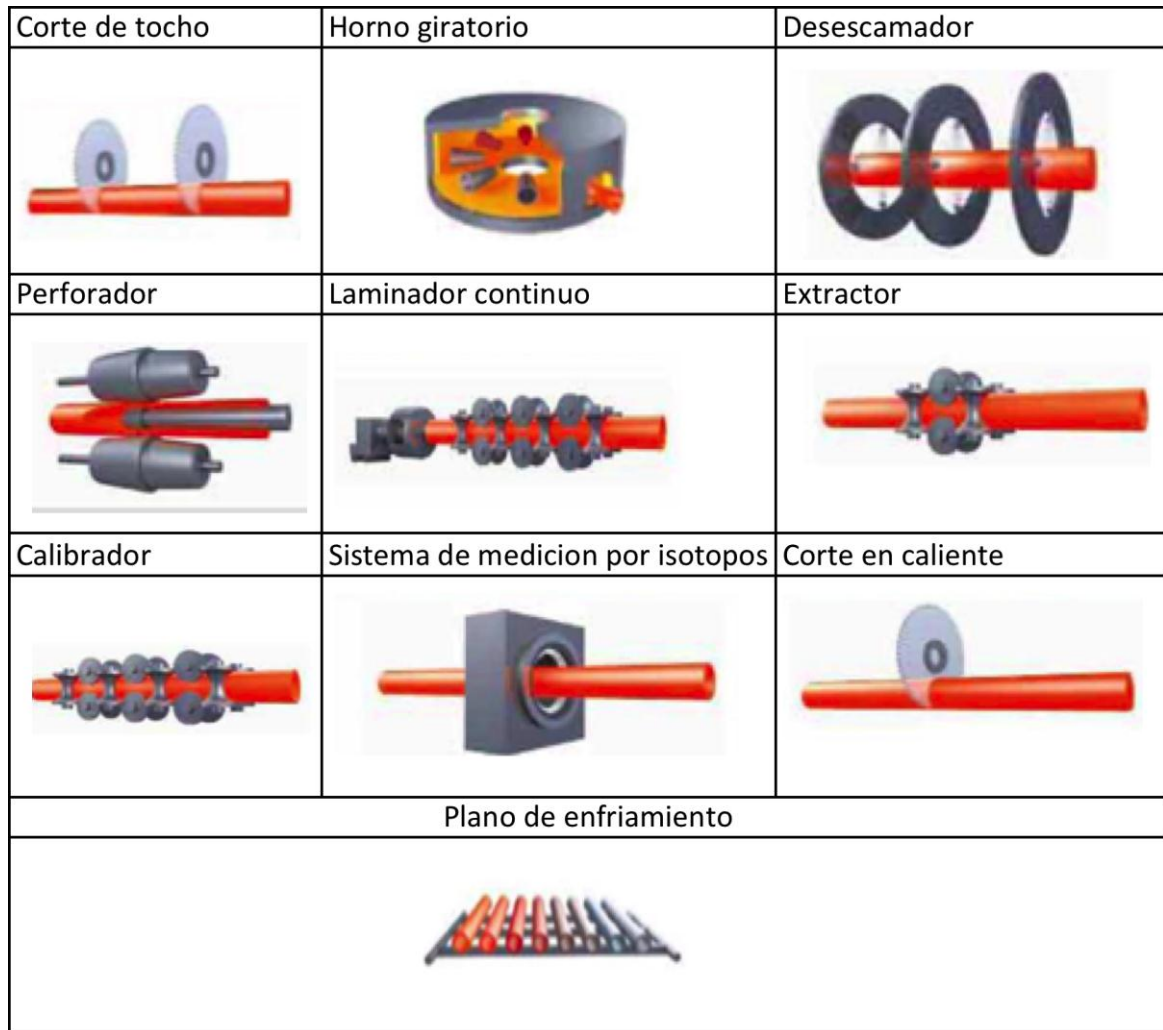
2.3 MÉTODOS DE FABRICACIÓN PARA TUBERÍA METÁLICA

Existen básicamente dos métodos de fabricación de tubería llamada sin costura y con costura

2.3.1 Sin costura (sin soldadura). La tubería se forma a partir de un lingote cilíndrico el cual es calentado en un horno antes de la extrusión. En la extrusión se hace pasar por un dado cilíndrico y posteriormente se hace el agujero mediante un penetrador. La tubería sin costura es la mejor para la contención de la presión gracias a su homogeneidad en todas sus direcciones. Además es la forma más común de fabricación y por tanto la más comercial; no obstante esta tubería tiene un costo muy elevado en diámetros grandes a comparación de otros tipos de métodos como la soldadura con costura

2.3.1.1. Laminador continuo. Este proceso tiene varios pasos en los cuales el primero de ellos es pasar los tubos por un cortador según la longitud estimada (regularmente son de 6 metros de longitud mas la tolerancia de fabricación), después se dirigen a un horno giratorio y prosiguen a un desescamador donde se limpian las impurezas superficiales, pasa por un perforador donde se inicia el diámetro interior de tubo y lo toma un mandril el cual es el encargado de darle el diámetro en toda su longitud, se lleva a un control calidad y se corta a la medida comercial, pasando por ultimo paso a enfriamiento.

Figura 5. Esquema de proceso de laminador continuo.

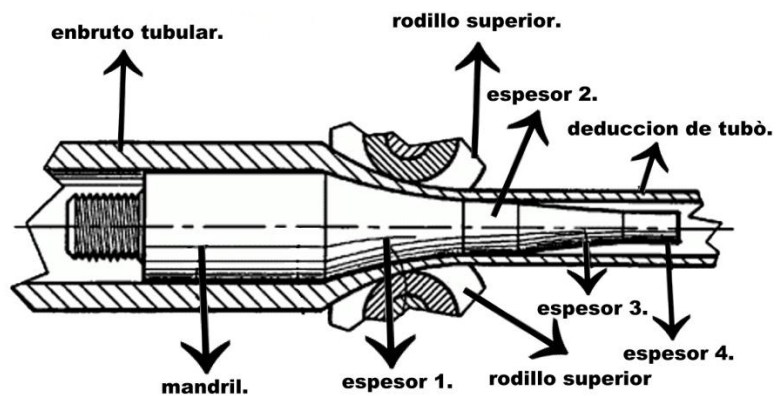
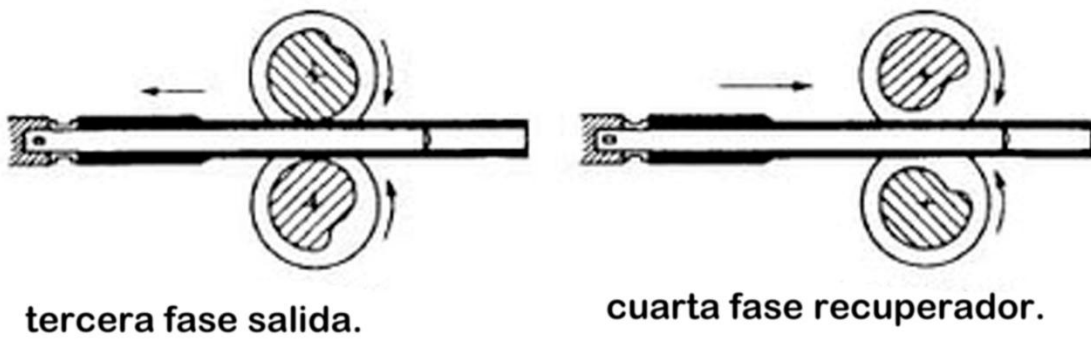
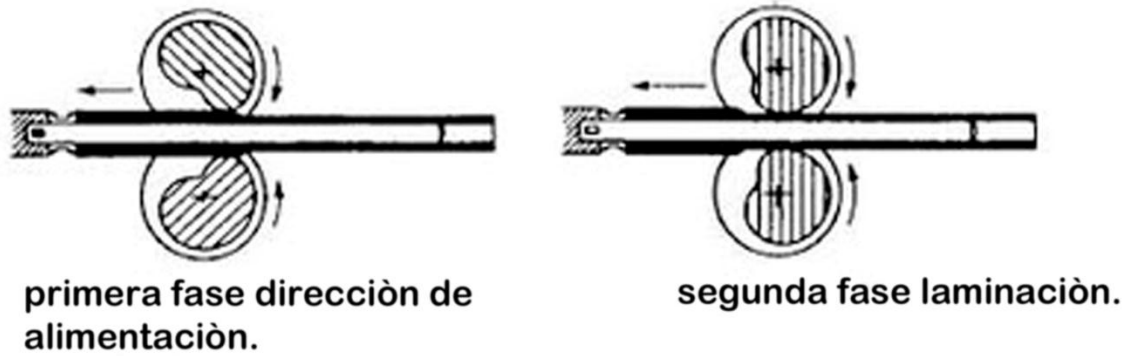


@ www.siderca.com, 2011

2.3.1.2. Laminador peregrino. Este proceso es muy similar al laminador continuo, en tanto que pasan por un horno, da ahí a un perforador alargador y, su diferencia en este, es que se utiliza el laminador peregrino, acá, un mandril de diámetro externo aproximadamente el diámetro interior de la tubería empuja en el agujero perforado de la palanquilla. Esta combinación de mandril y palanquilla se coloca entre los rodillos de un peregrino que tiene un contador de contorno de la leva en






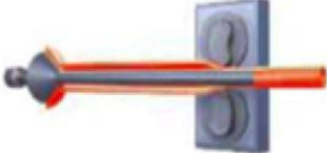



forma giratoria a la direcció en la que se está obligado el billete a través de un mecanismo de pistón hidráulico y neumático.

Figura 6. Proceso detallado del laminador peregrino



@pipingfabrication.2011



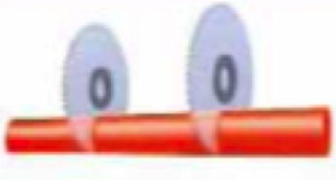



Figura 7. Proceso general de laminado peregrino.

Horno Giratorio	Prensa	Vaso
		
Horno giratorio	Perforador alargador	Laminador peregrino
		
Plano de enfriamiento	Control no destructivo	Cortado y biselado
		

@.siderca.com,2011

2.3.1.3. Laminador reductor estirado en frío. Este proceso es el más sencillo de los 3 debido a que los tubos solo pasan a un horno de recalentamiento, después a un laminador reductor, seguido de un corte en caliente, a un plano de enfriamiento, finalizando con un control calidad, cortado y biselado.

Figura 8. Laminador estirado en frío

Horno de recalentamiento	Laminador reductor	Corte en caliente
		
Plano de enfriamiento	Control no destructivo	Cortado y biselado
		

@.siderca.com,2011

2.3.2 Con costura longitudinal. En este proceso se parte de una lámina la cual se le hace un rolado dándole la forma circunferencial, La soldadura que une los extremos de la lamina doblada cierra el cilindro. Por tanto es una soldadura recta que sigue toda una generatriz. Variando la separación entre los rodillos se obtienen diferentes curvas y con ello diferentes diámetros de tubería. Por muchos años la tubería con costura ha tenido una creencia de ser poco confiable, pero con el desarrollo de procesos de soldadura y el control de calidad ha hecho que esta preocupación sea casi inexistente².

Al pasar de los años este proceso se comenzó producción en serie donde por medio de un juego de rodillos, una lamina cortada al perímetro del diámetro deseado, un equipo de soldadura de arco eléctrico automatizado y un escariador conforman la maquina encargada de sacar tubería estructurales de un diámetro hasta 4” .

² NAYYAR. Piping handbook. Nueva York: McGraw Hill, 1992, p. 320.

En Colombia es la forma convencional de la fabricación de tubería de diámetros menores, estos procesos después de ser soldados se dividen según sea su resistencia mecánica, espesores de pared y recubrimientos externos como lo son la tubería galvanizada.

Su producción, al contrario de la tubería sin costura, es de una menor complejidad y rapidez, y su costo tiene una variación más favorable.

Para hablar de tubería con costura no se puede dejar atrás un poco de historia de donde viene su componente primordial, la soldadura

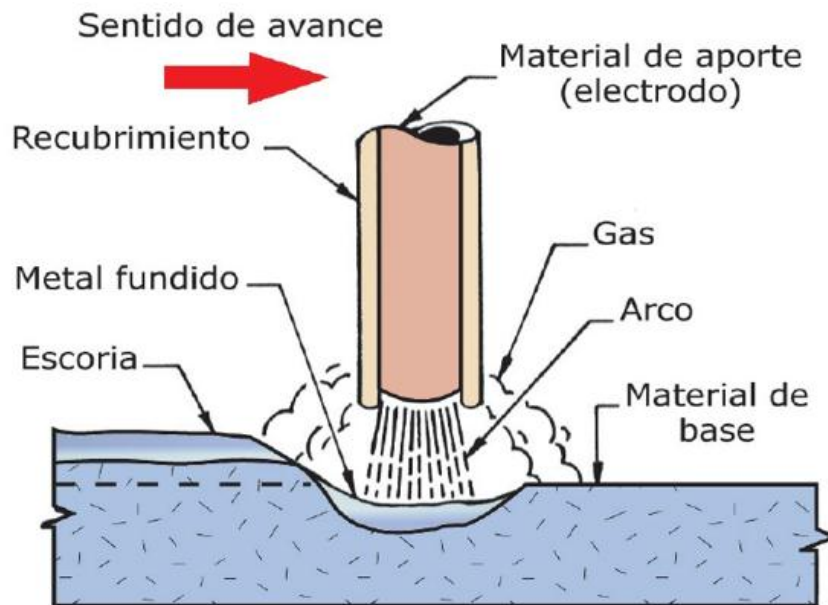
Se a identificado en varias bibliografías, que la soldadura fue utilizada desde el año 300 D.C donde por medio de calor y golpe lograban fusionar dos material para conseguir una sola pieza, en el año 1836, se fue desarrollando aun mas la soldadura y de allí surgieron varias alternativas para unir elementos, se dio además el conocimiento de algunos gases beneficioso para este procedimiento, A finales del siglo XIX y siglo XX gracias a la segunda guerra mundial se pudo avanzar mucho mas en el desarrollo de la soldadura, en 1920 se comenzó a automatizar el proceso , aunque este no era muy comercial por el alto costo de los equipos.

Existen varios procesos para la aplicación de la soldadura y son completamente aplicables a la tubería, todo depende del espesor las condiciones técnicas y el material a utilizar, estos procesos son:

- SMAW. Sus siglas indican Shield Metal Arc Welding, este proceso es el mas antiguo de los procesos de soldadura. Consiste en formar un cortocircuito calentado el metal de aporte a temperatura de fusión, este electrodo tiene sobre el metal de aporte un recubrimiento el cual funciona como capa

protectora de la aplicación.” Cuando el metal se funde, las gotas del electrodo se transfieren a través del arco al baño del metal fundido, protegiéndose de la atmósfera por los gases producidos en la descomposición del revestimiento. La escoria fundida flota en la parte superior del baño de soldadura, desde donde protege al metal depositado de la atmósfera durante el proceso de solidificación. La escoria debe eliminarse después de cada pasada de soldadura. Se fabrican cientos de tipos diferentes de electrodos, a menudo conteniendo aleaciones que proporcionan resistencia, dureza y ductilidad a la soldadura. El proceso, se utiliza principalmente para aleaciones ferrosas para unir estructuras de acero, en construcción naval y en general en trabajos de fabricación metálica. A pesar de ser un proceso relativamente lento, debido a los cambios del electrodo y a tener que eliminar la escoria, aún sigue siendo una de las técnicas más flexibles y se utiliza con ventaja en zonas de difícil acceso.”³

Figura 9. Esquema proceso de soldadura SMAW.

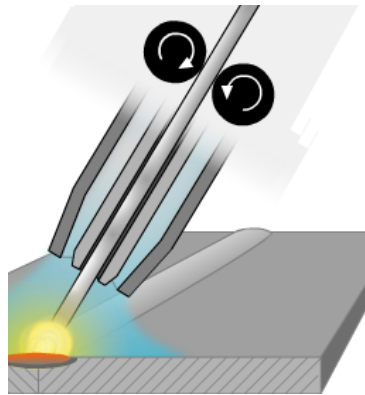


@blog.utp.edu.co/metalografia/2011

³ ESAB. Catalogo ESAB, Brasil: Essab, julio 16 de 2010.

- GMAW. Su siglas indican (gas metal arc welding) este proceso es semiautomático, se obtiene mayor rendimiento de producción por la continuidad del proceso, lo componen un alimentador de alambre, el material de aporte es un alambre solido de diferente calibre, y la protección se hace por medio de un gas, es un proceso versátil pudiendo depositar el metal a una gran velocidad y en todas las posiciones. Su aplicación se da en láminas de espesores delgados y medios, como fabricaciones de estructuras.

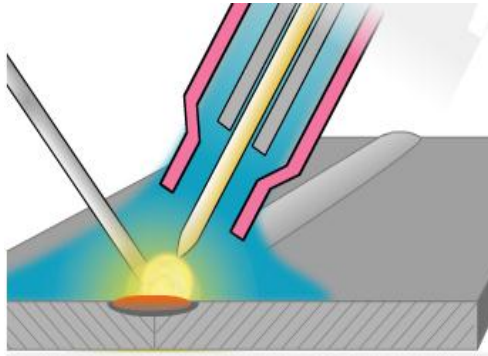
Figura 10. Esquema proceso de soldadura GMAW.



@.esab.es,2011

- GTAW Su siglas indican (gas tungsten arc welding) este proceso puede ser manual o automático, es el proceso de mayor calidad y pureza ya que no hay presencia de escoria y se evita incrustaciones de esta, en este proceso se utiliza un electrodo de tungsteno, no consumible. Esta aplicación esta protegida por un gas inerte no necesariamente necesita un material de aporte, pero si este es necesario aportar, debe de hacerse desde un lado del baño de fusión.

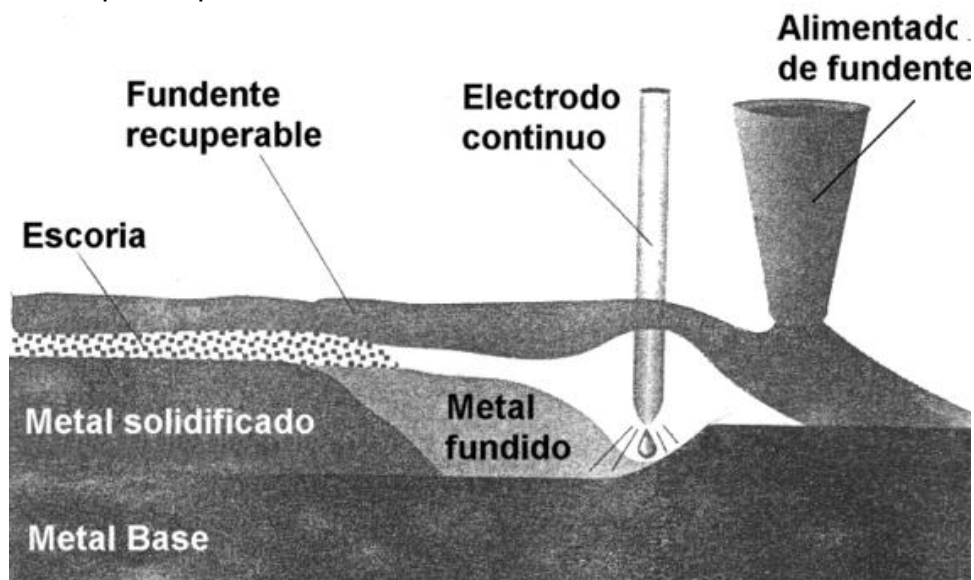
Figura 11. Esquema proceso de soldadura GTAW



@esab.es,2011

- SAW. Su siglas indican (submerged arc welding), este proceso se utiliza en su mayoría para procesos automáticos, aunque también se puede utilizar para procesos manuales, este proceso sumerge el arco en un fundente evitando por completo la contaminación de la aplicación por el medio. Su proceso tiene una escoria la cual se va desprendiendo a medida de la aplicación, el fundente que se aplica en su mayoría se puede reutilizar, tiene una alta tasa de deposición lo cual se cataloga de alta producción.

Figura 12. Esquema proceso de soldadura SAW.



@soldadura-por-arco-sumergido,2011.

2.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBERÍA CON COSTURA EN LA COMPAÑÍA SERVICIOS INDUSTRIALES O.C.G

Para la realización de la descripción del proceso de fabricación de tubería con costura se tomarán bases en normas técnicas para establecer los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben someterse el proceso para la fabricación de tubería de acero al carbono con costura.

2.4.1 Condiciones generales.

A continuación hablaremos de las condiciones generales del proceso de fabricación de tubería con costura desarrollado en Servicios Industriales

2.4.1.1. Orden de pedido. El orden de pedido del cliente es realizado en el registro en la cual según la norma NTC 2374, el cliente debe suministrar las siguientes especificaciones:

- Cantidad (metros o cantidades de tramos)
- Nombre del material
- Tipo de revestimiento. (Cuando sea galvanizado o pintado)
- Tamaño (diámetro externo y espesor nominal de pared calculado).
- Long de cada Tramo
- Condiciones de los extremos. (A menos que se especifique de otra forma los extremos del tubo deben ser cortados a escuadra.).
- Requisitos especiales

2.4.1.2. Fabricación. Ya entrándonos un poco en materia, y comenzando con el proceso de fabricación el cual se divide en 13 grupos principales se hará una descripción clara de cada tarea en la cual se crearán según las necesidades del proceso la documentación necesaria para la estandarización y control metrológico.

2.4.1.3. Proceso de la materia prima. El acero se obtiene secuencialmente por colada continua se requiere identificación del material. El fabricante del acero debe clasificar el materia por cualquier método establecido, que efectivamente separe los grados. Este a su vez debe entregar certificado de calidad donde indique el número de la colada, lote, composición química y resistencia física.

2.4.1.4 Recepcion de matera prima

Ya teniendo el material en fábrica se procederá con la recepción del mismo donde se enfatizara en el control dimensional de cada lámina, corroborando que lo solicitado si haya sido lo entregado, después de este control dimensional, se sacara al asar una muestra para hacer un análisis de material. Ya teniendo toda la información requerida se debe documentar de forma clara y concreta para certificar que el proceso de recepción de material ha culminado y se tiene vía libre para comenzar con el paso siguiente.

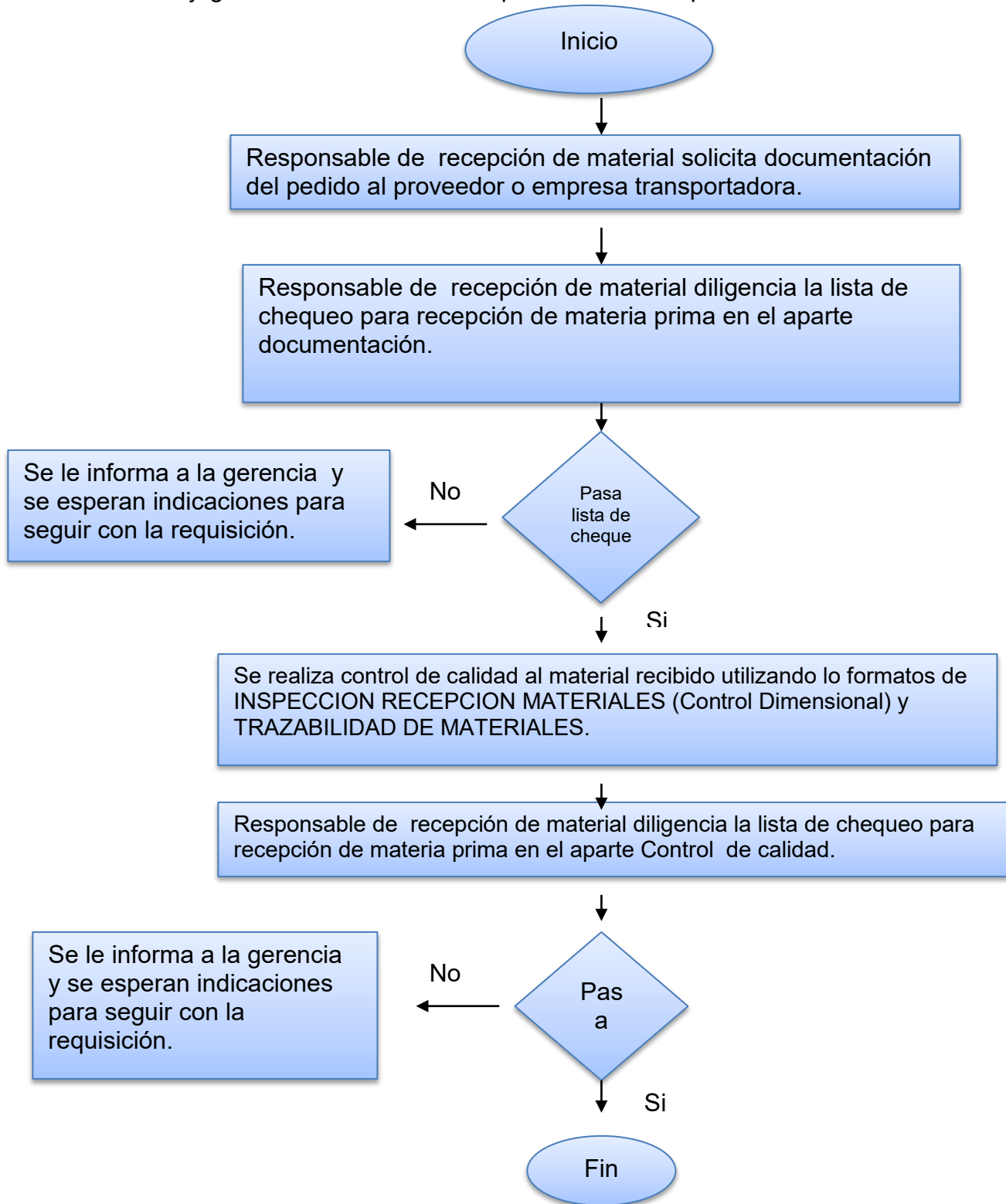
Foto 1. Control dimensional de materia prima




Cuadro 1. Plan general de pruebas e inspeccion

Item		Actividad	Fecha inicio	Fecha finalización	Características a Inspeccionar	Criterio de aceptación	Responsable	Equipo instrumento de medición	Documento de Registro	Aceptación		
										CC	Cliente	Interv.
TUBERIA DE PRESIÓN												
1	RECEPCIÓN DE LÁMINAS				Canilidades, inspección dimensional, revisión de los "Mill Test Report" de la acería, Inspección visual, Condiciones de almacenamiento y estampado.	Según especificación técnica "PLIEGO DE CONDICIONES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS"	Inspector de calidad, Control de Almacén, Representante del Cliente.	Cintas métricas, escuadras, calibrador	Formato R-EJ-20 Inspección, recepción materiales- R-EJ-18 Trazabilidad de materiales			
2	TRAZO				Verificación del trazo y control dimensional.	Según planos	Inspector de calidad, Control de Almacén, Representante del Cliente.	Cintas métricas, escuadras, calibrador	Formato R-EJ-22 Protocolo dimensional			
3	CORTE Y BISELADO				Dimensiones acabado y verificación de perpendicularidad	Lista de corte, plano y lista de material	Inspector de calidad, Supervisor de Fabricación, Representante del Cliente.	Cintas métricas, escuadras, galgas y calibrador, Galga	Formato RM1.1.16 GC Reporte de Inspección de corte			
4	ROLADO Y ENSAMBLE				Ovalidad, variación del perímetro, redondez y alineamiento de la generatriz.	Planos aprobados para fabricación	Inspector de calidad, Supervisor de Fabricación, Representante del Cliente.	Cintas métricas, escuadras, calibrador y plantillas	Formato RM1.1.14 GC, Reporte de Inspección de armado			
5	SOLDADURA				Calificación Procedimiento de soldadura a aplicar	ASME SECC IX	Inspector de calidad, Supervisor de soldadura, Representante del Cliente, Radiólogo Nivel II	Inspección visual y END	Formato RM1.1.5GC Calificación del procedimiento de soldadura			
					Calificación del soldador	ASME SECC IX y WPS	Inspector de calidad, Supervisor de soldadura, representante del Cliente, Radiólogo Nivel II	Equipo Radiografico, Tintas Penetrantes.	Formato RM1.1.6GC Registro de Calificación del soldador			
					Soldadura, metal base, electrodo, precalentamiento	WPS	Inspector de Calidad, Supervisor de Soldadura, Representante del Cliente.	Inspección visual, tinas penetrantes	Formato RM1.1.1 GC Reporte de Inspección visual de soldadura			
6	CONTROL DIMENSIONAL				Planos de Fabricación y Tolerancias	Concordancia con planos y tolerancias	Inspector de calidad, Supervisor de Fabricación, Representante del Cliente.	Galgas y cintas métricas y plantillas	Formato R-EJ-22 Protocolo dimensional			
7	END - Radiografía				Soldadura	Procedimiento aplicación de gammagrafia industrial MQ26DP	Inspector de calidad, Radiólogo calificación nivel II, representante del Cliente.	Fuente Radiografica, densitometro, contador geiger	Formato RM1.16 GC Reporte de ensayo radiografico			
11	PREPARACION DE SUPERFICIE PARA PINTURA				Superficie de la tubería	ESGEM-BONYIC-EH-02-ET-023	Inspector de calidad, Supervisor de limpieza y pintura, representante del Cliente.	Rugosímetro	Formato RM1.1.2GC Preparación de superficie y pintura			
12	PINTURA				Tubería (espesor y adherencia)	ESGEM-BONYIC-EH-02-ET-023	Inspector de calidad, Supervisor de limpieza y pintura, representante del Cliente.	Pintura, medidor de humedad relativa, medidor de adherencia	Formato RM.1.1.3GC Reporte de adherencia de pintura			
13	Embalaje y Transporte				Equipo, cantidad a despachar, control de marcas, embalaje, peso	Instructivo de embalaje y transporte IT-EJ-18	Inspector de calidad, Supervisor de fabricación, representante del Cliente.	Inspección visual	Formato R-EJ-47 Reporte de Embalaje y transporte			



Flujograma 1. Proceso de recepción de materia prima.



Formato 1. Lista de chequeo proceso de recepción de material.

		R G 30 - Lista de Chequeo Proceso de Recepcion de Material		
Fecha:		Proyecto:		
Documentacion				
Certificados de calidad de la lamina.				
Item	Descripcion	Si Cumple	No Cumple	N/A
1	Pruebas de analisis quimicos de cada lamina.			
2	Pruebas de propiedades mecanicas de cada Lamina.			
3	Facturas.			
4	Planos.			
5	Orden de despacho.			
Formatos Sistema de Gestion de la Calidad				
6	R - EJ - 18 TRAZABILIDAD DE MATERIALES			
7	RG 29 - Flujograma De Recepción De Materia Prima			
8	R - EJ - 20 INSPECCION RECEPCION MATERIALES			
Control de calidad				
9	R - EJ - 18 TRAZABILIDAD DE MATERIALES diligenciado para cada lamina.			
10	R - EJ - 20 INSPECCION RECEPCION MATERIALES diligenciado para cada lamina.			
11	Registros fotograficos del proceso de recepcion.			
Calificacion de Proveedores				
12	Cumplimiento de fecha de entrega.			
13	RG1 - CCS - Informe consolidado Evaluacion Proveedores.			
<p>Observaciones: Los certificados de los ensayos químicos y mecánicos realizados a las laminas y las facturas de compra fueron enviados a la gerencia de Servicios Industriales SAS antes de la recepción de la lamina.</p>				
Elaboro Inspector de Calidad		Reviso Lider en Produccion y Proyectos		Aprobo Lider en Calidad

Formato 2. Inspección recepción materiales.

					R - EJ - 20 INSPECCION RECEPCION MATERIALES		CODIGO: R-EJ-20 REVISION: 1 F. VIG:
FECHA	ITEM	ORDEN DE COMPRA Y PROYECTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN MATERIAL	Nº CERTIFICADO	COLADA	
31/01/2011	1	25101	1	Lamina A537 Clase 1	6198572	EOJ138	
31/01/2011	2	25101	1	Lamina A537 Clase 1	6195349	WOI854	
31/01/2011	3	25101	1	Lamina A537 Clase 1	6195349	WOI854	
31/01/2011	4	25101	1	Lamina A537 Clase 1	6195350	WOI854	
31/01/2011	5	25101	1	Lamina A537 Clase 1	6195350	WOI854	
31/01/2011	6	25101	1	Lamina A537 Clase 1	6195365	WOI854	
31/01/2011	7	25101	1	Lamina A537 Clase 1	6195365	WOI854	
31/01/2011	8	25101	1	Lamina A537 Clase 1	6198571	EOJ138	
31/01/2011	9	25101	1	Lamina A537 Clase 1	6198571	EOJ138	
CONTROL DIMENSIONAL							
ITEM	NORMA DE REFERENCIA	Esquema de Medicion		MEDIDA TEÓRICA	MEDIDA REAL		
1	ASTM	<ul style="list-style-type: none"> La medición L corresponde al largo de la lamina La medición A corresponde al ancho de la lamina La medición B corresponde al espesor de la lamina 		L= 6090 mm	L= 6100 mm		
				A= 2440 mm	A= 2480 mm		
				B= 5/8 "	B= 16,1 mm		
2	ASTM	<ul style="list-style-type: none"> La medición L corresponde al largo de la lamina La medición A corresponde al ancho de la lamina La medición B corresponde al espesor de la lamina 		L= 6090 mm	L= 6120 mm		
				A= 2440 mm	A= 2485 mm		
				B= 5/8 "	B= 16,4 mm		
3	ASTM	<ul style="list-style-type: none"> La medición L corresponde al largo de la lamina La medición A corresponde al ancho de la lamina La medición B corresponde al espesor de la lamina 		L= 6090 mm	L= 6123 mm		
				A= 2440 mm	A= 2471 mm		
				B= 5/8 "	B= 16,1 mm		
4	ASTM	<ul style="list-style-type: none"> La medición L corresponde al largo de la lamina La medición A corresponde al ancho de la lamina La medición B corresponde al espesor de la lamina 		L= 6090 mm	L= 6099 mm		
				A= 2440 mm	A= 2470 mm		
				B= 5/8 "	B= 16,4 mm		
5	ASTM	<ul style="list-style-type: none"> La medición L corresponde al largo de la lamina La medición A corresponde al ancho de la lamina La medición B corresponde al espesor de la lamina 		L= 6090 mm	L= 6100 mm		
				A= 2440 mm	A= 2473 mm		
				B= 5/8 "	B= 16,4 mm		
6	ASTM	<ul style="list-style-type: none"> La medición L corresponde al largo de la lamina La medición A corresponde al ancho de la lamina La medición B corresponde al espesor de la lamina 		L= 6090 mm	L= 6100 mm		
				A= 2440 mm	A= 2475 mm		
				B= 5/8 "	B= 16,1 mm		
7	ASTM	<ul style="list-style-type: none"> La medición L corresponde al largo de la lamina La medición A corresponde al ancho de la lamina La medición B corresponde al espesor de la lamina 		L= 6090 mm	L= 6100 mm		
				A= 2440 mm	A= 2472 mm		
				B= 5/8 "	B= 16,1 mm		
8	ASTM	<ul style="list-style-type: none"> La medición L corresponde al largo de la lamina La medición A corresponde al ancho de la lamina La medición B corresponde al espesor de la lamina 		L= 6090 mm	L= 6105 mm		
				A= 2440 mm	A= 2475 mm		
				B= 5/8 "	B= 16,1 mm		
9	ASTM	<ul style="list-style-type: none"> La medición L corresponde al largo de la lamina La medición A corresponde al ancho de la lamina La medición B corresponde al espesor de la lamina 		L= 6090 mm	L= 6095 mm		
				A= 2440 mm	A= 2475 mm		
				B= 5/8 "	B= 16,1 mm		
Elaboró		Revisó			Aprobó		
INSPECTOR DE CALIDAD		LIDER EN PRODUCCION Y PROYECTOS			LIDER EN CALIDAD		

Formato 3. Informe recepción de materia proyecto.

INFORME RECEPCION DE MATERIA PRIMA PROYECTO

FECHA:	
LUGAR:	
RESPONSABLE:	

1. Documentación aportada por el proveedor	
Descripción	Generado por
Certificados de calidad de la lamina	SSAB
Lista de remisión de inventario	PA FC Steckerl
Declaración de Importación	DIAN
Remesa terrestre	PA FC Steckerl

2. Documentación diligenciada para la recepción	
Descripción	Generado por
RG 30 - Lista de chequeo recepción de material	Servicios Industriales
R - EJ - 18 TRAZABILIDAD DE MATERIALES	Servicios Industriales
R - EJ - 20 INSPECCION RECEPCION MATERIALES	Servicios Industriales

3. Documentación diligenciada pos-recepción	
Descripción	Generado por
RG1 - CCS - Informe consolidado Evaluación Proveedores	Servicios Industriales

4. Análisis Certificados de calidad de la lamina

Informe Análisis Certificados de Calidad Material Tubería						
ITEM	DESCRIPCIÓN MATERIAL	N° CERTIFICADO	COLADA	Limite de Fluencia (YS)	Resistencia Máxima a la Tracción (UTS)	% de Elongación
1	Lamina A537 Clase 1	6198572	EOJ138	55000 (PSI)	74000 (PSI)	27%
2	Lamina A537 Clase 1	6195349	WOI854	59000 (PSI)	78000 (PSI)	27%
3	Lamina A537 Clase 1	6195349	WOI854	59000 (PSI)	78000 (PSI)	27%
4	Lamina A537 Clase 1	6195350	WOI854	59000 (PSI)	78000 (PSI)	27%
5	Lamina A537 Clase 1	6195350	WOI854	59000 (PSI)	78000 (PSI)	27%
6	Lamina A537 Clase 1	6195365	WOI854	59000 (PSI)	78000 (PSI)	27%
7	Lamina A537 Clase 1	6195365	WOI854	59000 (PSI)	78000 (PSI)	27%
8	Lamina A537 Clase 1	6198571	EOJ138	55000 (PSI)	74000 (PSI)	27%
9	Lamina A537 Clase 1	6198571	EOJ138	55000 (PSI)	74000 (PSI)	27%

4.1. Comprobación con la norma AWS D1, 1/D1, 1M: 2004								
Descripción material	Limite de Fluencia (YS)				Rango de tención			
	PSI		Mps		PSI		Mps	
Lamina A537 Clase 1	44.960,12	50.036,26	310,00	345,00	65.264,68	89.920,23	450,00	620,00

5. Análisis protocolos dimensionales	
Descripción:	Lamina A537 Clase 1
Presentación 1: Lamina de espesor 5/8" x 6000 mm x 2440 mm	
Presentación 2: Lamina de espesor 5/8" x 12000 mm x 2440 mm	
Cantidad Presentación 1:	1 Unidad
Cantidad Presentación 2:	4 Unidades

Variables a controlar:	
	1. Ancho de la lamina
	2. Largo de la lamina
	3. Espesor de la lamina
Tipo de muestreo:	Exhaustivo
Tamaño de muestra:	3
Longitud promedio lamina cortada a 6000 mm (mm):	6.104,67
Ancho promedio lamina cortada a 6000 mm (mm):	4.183,41
Espesor promedio lamina cortada a 6000 mm (mm):	16,2

Elaborado por
INSPECTOR DE CALIDAD

Revisado por
LIDER EN PRODUCCION Y PROYECTOS

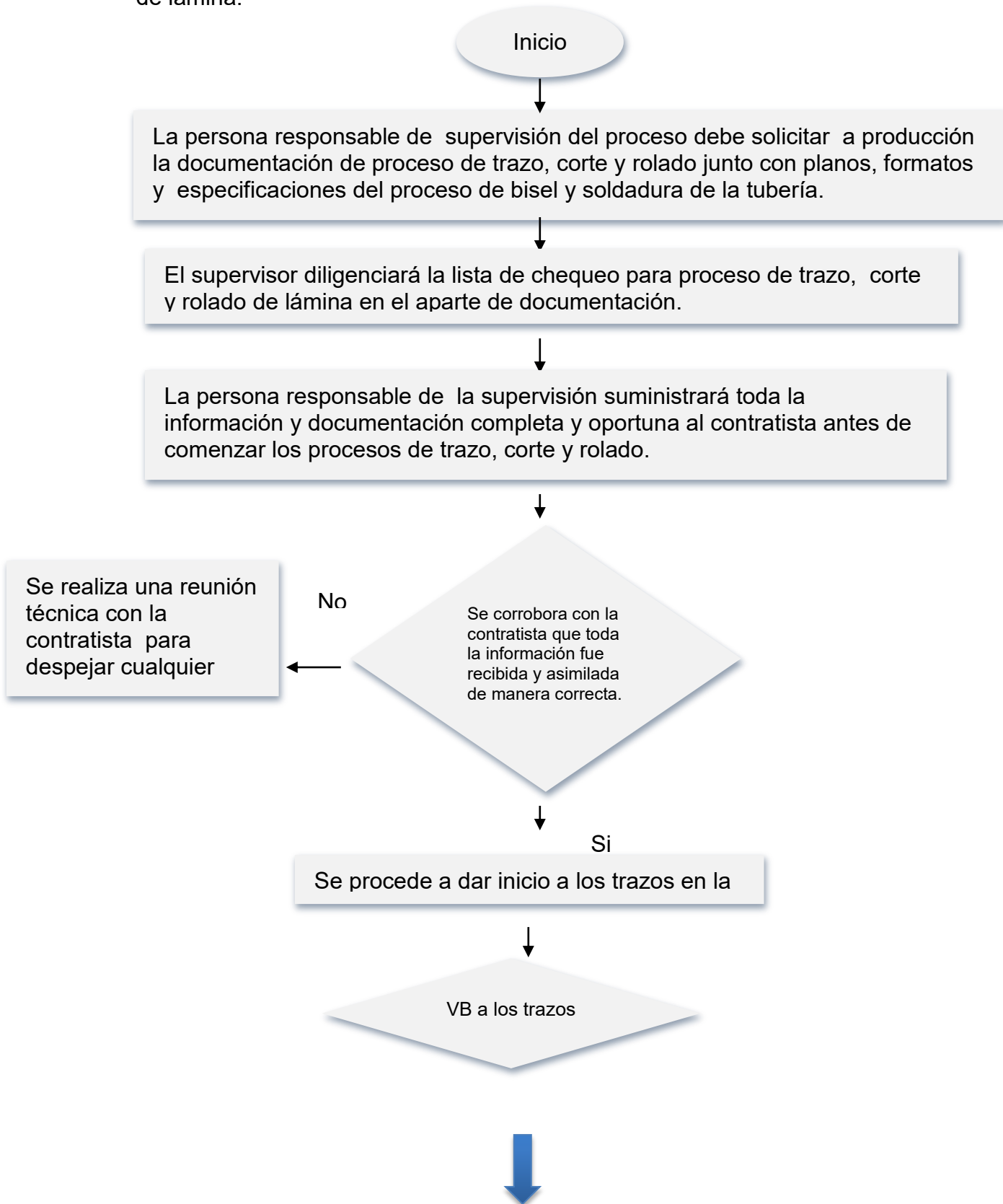
Aprobado por
LIDER EN CALIDAD

2.4.1.5. Trazado y corte. Con el material ya en fabrica y liberado, se procederá a realizar un croquis en el cual se indique claramente como deberá trazarse el material para el proceso de corte, una vez realizado este trazado en la lamina, el personal encargado deberá controlar las longitudes y distribución de este trazado comparándolo con los croquis y dejando evidencia que lo establecido en este sea lo realizado. Después que el trazado este liberado este se procede al corte de la lamina por medio de oxicorte en un carro automático "marranita" el corte de este se hace con una inclinación requerida para el biselado en el proceso de soldadura, en este proceso se debe hacer control de temperatura para evitar la excesiva deformación de la lamina, para esto es aconsejable no realizar varios cortes en una misma lamina al mismo tiempo o una seguida de la otra, se debe esperar a que la lamina vuelva a enfriarse para realizar un nuevo corte.

Foto 2. Corte de lámina con oxicorte



Flujograma 2. RG 31 - Flujograma de proceso de trazo, corte, biselado y rolado de lámina.





La persona responsable de la supervisión autorizará el corte de ésta.



Terminado el proceso de corte el supervisor utilizara el formato protocolo dimensional (trazo, corte, rolado y biselado) para realizar un control sobre cada corte. realizado.



Se le informa gerencia y se espera decisión para continuar con el proceso.

No

VB a los cortes

Si

El supervisor diligenciará el formato de evaluación de proveedores.



La persona responsable de la supervisión autorizará la rolada de los cascos cortados.



Terminado el proceso de rolado el supervisor utilizara el formato protocolo dimensional (trazo, corte, rolado y biselado) para realizar un control sobre cada casco rolado



Se le informa gerencia y se espera decisión para continuar con el proceso.

No

VB a la rolada

Si

El supervisor diligenciará el formato de evaluación de proveedores.

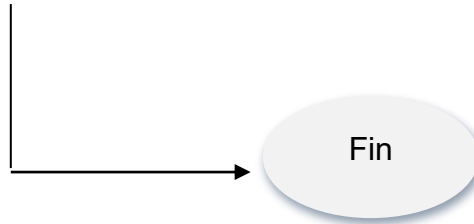




El supervisor diligenciará el formato de contratación de servicios externo para cada proveedor y servicio contratado.



La persona responsable de la supervisión autorizará el transporte de los cascos rolados para aplicación de soldadura.



2.4.1.5. Pre-curvado. En esta instancia, teniendo el material en su forma original se procede a darle un curvado en las puntas para garantizar que el momento del rolado obtengamos una geometría simétrica y evitar una planitud en los extremos, este procedimiento se realiza en una cizalla, y es necesario ya que no se dispone de una máquina de 4 rodillos si no de 3 rodillos

Foto 3. Precurvado.



Este proceso se controla con una plantilla fabricada en cartón rígido con el arco de círculo que se desea

Foto 4. Plantilla de precurvado.


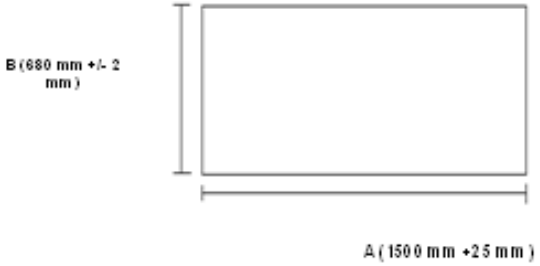


2.4.1.6. Rolado En este proceso se realiza la deformación total de la lamina llevándola a la forma cilíndrica con el diámetro deseado, la maquina con la que se cuenta nos da 2 limitantes, la primera mencionada en el proceso de precurvado y la segunda es el formato del cilindro, que nos da una longitud máxima de 1,5 m de longitud, cuando sale ya de la maquina se dispone a mantener el diámetro con una cruz ya que el material tiene memoria y podría deformarse. Este proceso es clave para el desarrollo eficiente de las etapas posteriores, por tal motivo se hará un control estricto de tolerancias dimensionales y geométricas.

Foto 5. Rolado de tubería.



Formato 4. Control dimensional.

		R- EJ- 22 PROTOCOLO DIMENSIONAL (Rev. 1)		CODIGO: R-EJ-22 REVISION: 1	
Orden de Trabajo No. / Identification # 25101			Proyecto: / Project		
Fecha / Date			Equipo / Lubrica de 6 m de longitud por 50° de espesor por 60 mm de diametro externo		
Elemento / Element Casco		Plano / Drawing 1		Marca / Type S-1, S-2,S-3,S-4	
					
Casco: S-1		Casco: S-2		Casco: S-3	
Ref	Dimensión		Ref	Dimensión	
	Nominal	Real		Nominal	Real
A	1500 mm + 25 mm	1521 mm	A	1500 mm + 25 mm	1520 mm
B1	680 mm +/- 2 mm	681 mm	B1	680 mm +/- 2 mm	680 mm
B2	680 mm +/- 2 mm	681 mm	B2	680 mm +/- 2 mm	680 mm
B3	680 mm +/- 2 mm	680 mm	B3	680 mm +/- 2 mm	680 mm
B4	680 mm +/- 2 mm	680 mm	B4	680 mm +/- 2 mm	679 mm
B5	680 mm +/- 2 mm	681 mm	B5	680 mm +/- 2 mm	680 mm
B6	680 mm +/- 2 mm	681 mm	B6	680 mm +/- 2 mm	681 mm
B7	680 mm +/- 2 mm	681 mm	B7	680 mm +/- 2 mm	679 mm
B8	680 mm +/- 2 mm	679 mm	B8	680 mm +/- 2 mm	681 mm
Fabricado por _____		Revisado por _____		Aprobado por _____	

A continuación del proceso de soldadura en la tubería con costura desarrollado en Servicios Industriales

2.4.2 Soldadura. El proceso de soldadura es el proceso más crítico, para este se realizará un instructivo de soldadura donde se exprese de forma clara y fundamentada los procedimientos, requisitos y demás elementos necesarios para un buen desarrollo de la operación, este instructivo será netamente técnico, apoyándose en las normas.

2.4.2.1 Instructivo de soldadura.

- Alcance. Este instructivo sirve solo para materiales P1 grupos 1 y 2 listados en la sección IX del Código ASME: Acero ASTM A-36, Aceros estructurales y aceros al Carbono en general.
- Especificaciones de procedimiento de soldadura-WPS (WeldingProcessSpecifications).
 - Procedimiento de soldadura. El procedimiento de soldadura se hará de acuerdo con el Código ASME, Sección IX, Parte QW-401.1 y se registrará en un formato similar al indicado en Código ASME, Sección IX, Parte QW-482.
 - Preparación de probetas. La preparación de las probetas para la definición de las especificaciones del procedimiento de soldadura, se realizará de acuerdo con las indicaciones del croquis del anexo 1 de este instructivo.
- Calificación del procedimiento de-PQR (Process Qualification Record)
 - Norma. Los procedimientos de soldadura a utilizar deberán ser calificados de acuerdo con los requerimientos de la Sección IX del Código ASME.
 - Aplicación. Debido a que la calificación de procedimiento de soldadura de acuerdo Sección IX del Código ASME aplica para todas las soldaduras, esta calificación es válida tanto para las soldaduras de partes, componentes y accesorios que tengan o no como función principal soportar cargas.

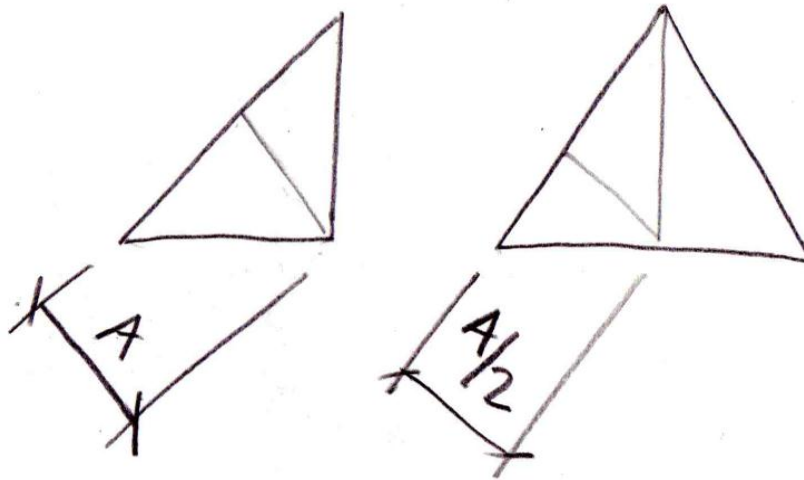
- Calificación de soldadores y operarios de soldadura WPQ (Welder Performance Qualification)
- Tipo de calificación. Se calificarán soldadores en soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido y flux core en las posiciones horizontal y vertical de acuerdo con los requerimientos de la Sección IX del Código ASME.
- Identificación. Para reconocer el ejecutante de cada trabajo, a cada soldador y cada operario se le asignará un estampe.

2.4.2.2. Preparación para la soldadura. Las superficies de todas las áreas ubicadas dentro de una distancia de 75 mm desde el punto donde se iniciará la soldadura deberán estar a una temperatura no menor que la temperatura mínima de precalentamiento indicada en la respectiva especificación de procedimiento de soldadura, y en ningún caso por debajo de 16°C. Los bordes que van a ser soldados deberán pulirse hasta obtener apariencia uniforme libres de escamas y de escorias producidas durante la preparación de los mismos.

2.4.2.3. Tipo de soldadura.

- Proceso de soldadura. Se usarán soldaduras de arco eléctrico con electrodo revestido y/o flux core (Procesos indicados en el Código ASME, Sección IX).
- Tipo y tamaño del cordón. Se indicarán en los planos de taller de acuerdo con las Para los planos que no tengan indicación del tipo y tamaño del cordón se usará la siguiente convención:

Figura 13. Tipo y tamaño del cordón.



Donde no se indique el tamaño de la soldadura $A = 0.7$ del espesor mínimo a soldar

- Materiales de soldadura. A menos que en el plano de taller se indique otra cosa, los materiales de aporte para soldaduras serán así:
 - Soldadura con electrodo revestido: E6011 para el fondeo y E7018 para el llenado y presentación.
 - Soldadura con flux cored: E71T1

Estos materiales están de acuerdo con los requerimientos aplicables del Código ASME, Sección II, Parte C y aquellos establecidos en la Sección IX del Código ASME.

2.4.2.4. Inspección visual de las soldaduras. El 100% de las soldaduras realizadas deben ser inspeccionadas visualmente.

La inspección visual de las soldaduras será realizada por el Coordinador de Producción con el apoyo de la firma externa de END.

La inspección debe quedar registrada en el formato M-RG13-FE

Si en la inspección visual se encuentran defectos se deben corregir antes de la realización de los ensayos no destructivos con el mismo procedimiento con que se realizó la soldadura inicial. A criterio del inspector, en la inspección visual de las soldaduras se utilizarán líquidos penetrantes.

2.4.2.5. Ensayos no destructivos.

- Ultrasonido y radiografía. Se realizarán ensayos de ultrasonido y/o radiografía a uniones soldadas de partes sometidas a presión hidráulica o sometida a esfuerzos de trabajo altos, de la siguiente manera.
- Reparación de soldaduras defectuosas/Tintas penetrantes Los defectos no aceptables deberán removerse por medios mecánicos hasta encontrar metal sano, lo cual deberá verificarse mediante ensayos con tintas penetrantes. La reparación en sí, deberá ejecutarse utilizando el mismo procedimiento de soldadura y, ya reparado el defecto, deberá examinarse nuevamente con ensayos de ultrasonido y/o radiográficos.
- Registro de los ensayos de ultrasonido, tintas penetrantes y radiografía. Los registros de los ensayos de ultrasonido y radiografía serán suministrados por el contratista. (ASME, 2000)

Como se mencionó anteriormente, este proceso es el más crítico pues es aquí donde está el secreto de la resistencia mecánica de la tubería, después de la liberación del control dimensional se procede hacer la limpieza de la juntas para esto es necesario utilizar elementos para la remoción mecánica como discos abrasivos, donde se pueda obtener una superficie libre de impurezas que puedan contaminar el proceso de soldadura, además, se debe al mismo tiempo realizar los biseles correspondiente donde se garantice los ángulos y la raíz de este, cuando ya se tengan los biseles se procede a marcar los tramos de tubería, este puede ser en alto o bajo relieve pero se debe garantizar que

en ninguna etapa siguiente se puedan borrar, esta marcación es muy importante ya que permitirá llevar el control casco por casco, haciendo un registro mucho más exacto del proceso.

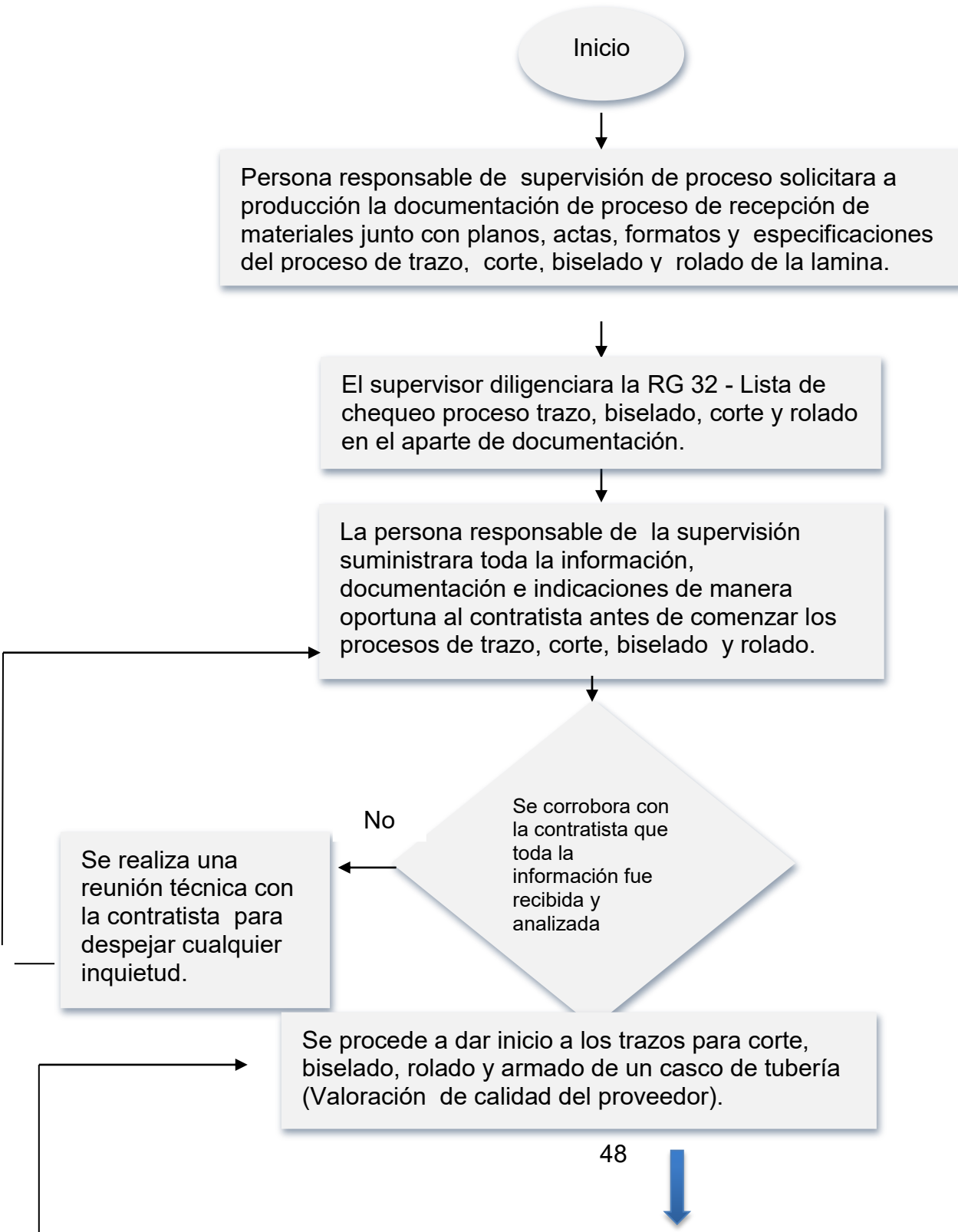
- Montaje para el procedimiento. La tubería, se montara en una especie de patines para facilitar el movimiento circunferencial. Se tendrá una buena iluminación en el interior de esta, y se dispondrán de elementos para una adecuada limpieza mecánica. El soldador deberá estar con todos los elementos de seguridad como guantes largos, mangas o chaqueta, careta de soldar, botas de seguridad y delantal y protectores auditivos, se debe garantizar un espacio libre de corrientes de aire y con buena extracción de los gases de soldadura.

Se comenzaran con las soldaduras longitudinales de cada tramo de los cascos (según instructivo de soldadura), cuando ya se tenga suficiente ventaja, se iniciara el alineamiento a tope de cada tramo, el bisel de esta cara ya debe estar lista y libre de cualquier tipo de impureza. Como control metrológico el coordinador de producción deberá verificar el alineamiento de los cascos, la concetricidad, la perpendicularidad, ángulo y raíz del bisel, para esto deberá utilizar una plantilla del bisel (o en su defecto goniómetro), una regla lo suficientemente larga que toque en los extremos de la cara circular, un flexómetro y un nivel. Ya teniendo las caras circunferenciales de los cascos a tope se deberá dejar una luz aprox. de 1/8 “, esto es para garantizar la penetración completa y uniforme de la soldadura. Se deberá precalentar la zona de aplicación a una temperatura promedio de 90 grados celcius, la temperatura tendrá que ser controlada por medio tetermocupla o cualquier otro instrumento que cense la temperatura, esta temperatura deberá quedar registrada durante el precalentamiento en el registro de control de temperatura.

2.4.2.6. Formato de rendimiento

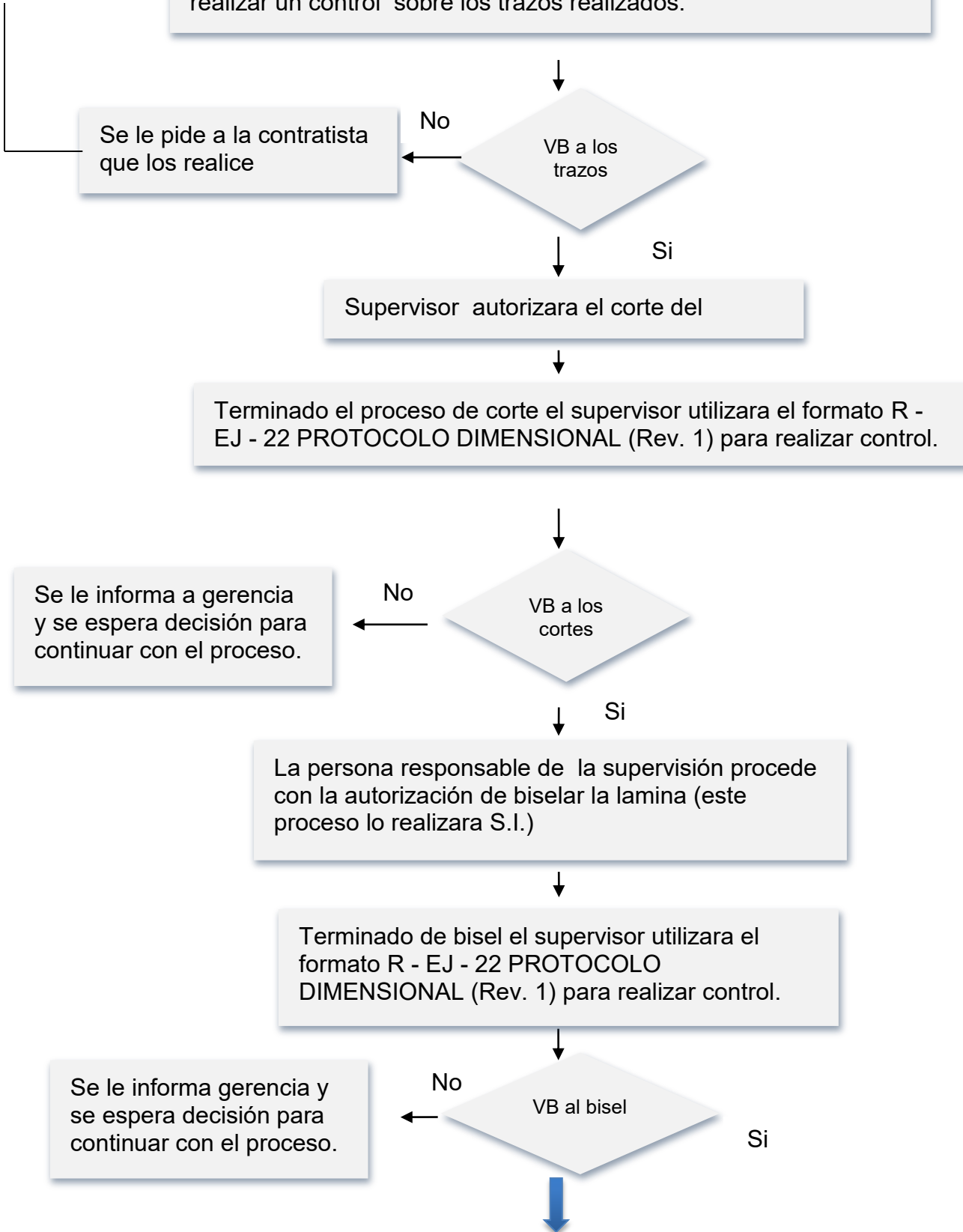
- Hacer una lista de chequeo para este proceso
- Insertar diagrama o fotografía de la junta.
- Video de entrevista a soldadores
- Insertar registro de formato PQR WPS

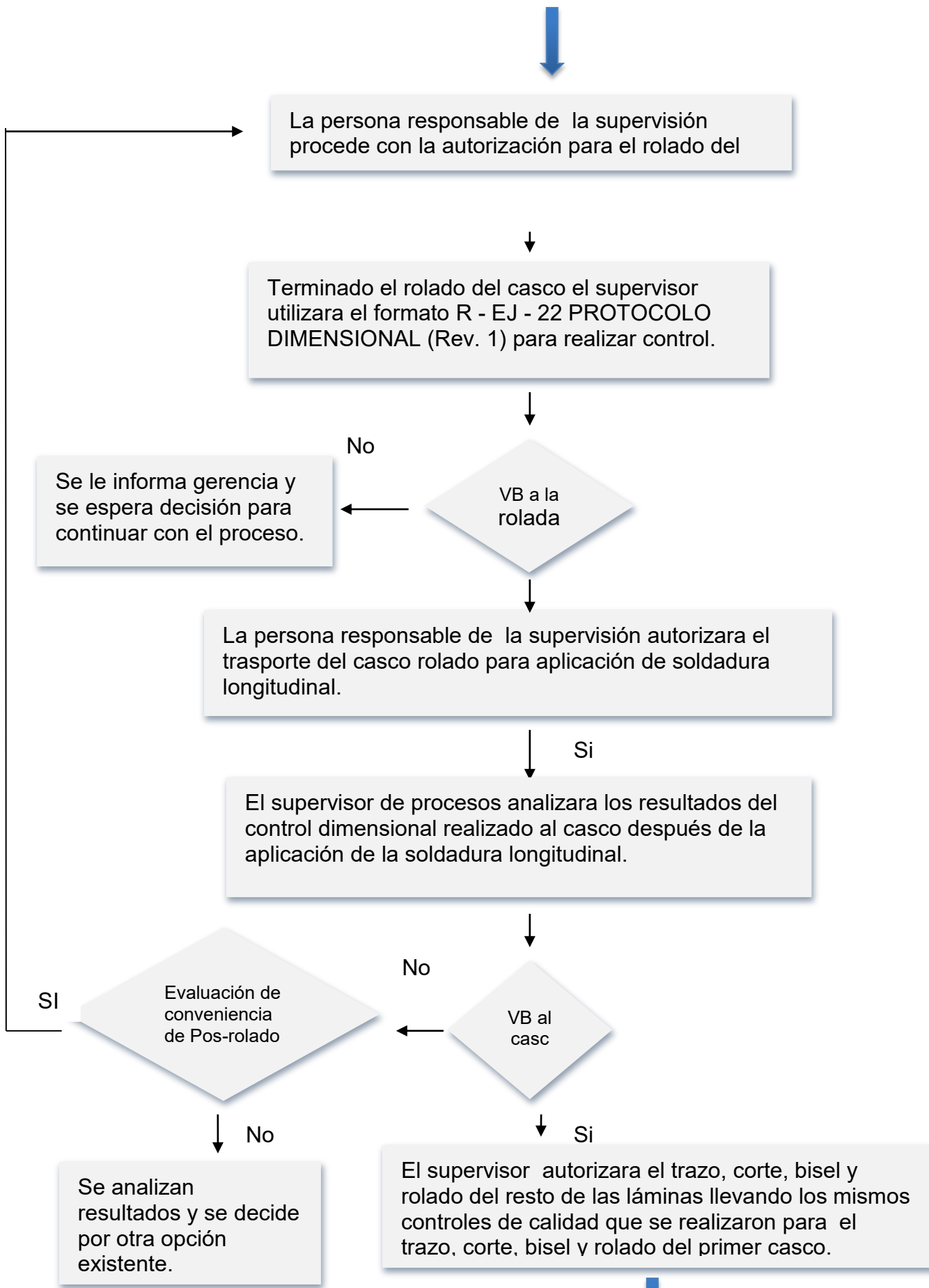
Flujograma 3. Flujograma biselado y soldadura





Terminado el proceso de trazo del casco el supervisor utilizara el formato R - EJ - 22 PROTOCOLO DIMENSIONAL (Rev. 1) para realizar un control sobre los trazos realizados.







El supervisor diligenciará el RG5A-CCS-Contratación Servicios externos para cada proveedor y servicio contratado.



El supervisor diligenciará el RG11-CCS - Informe consolidado Evaluación Proveedores para cada proveedor y servicio contratado.



Fin

Formato 5. Certificado de calidad de la soldadura.

This certificate replaces previous certificate number CAS100022 dated 09/10/2011. Certificate no: CAS 1020022/A1 Page 1 of 1

Lloyd's Register Welding Consumables Annual Re-Approval Certificate

DATE 01 July 2011 **Client** LICSA Caracas

This certificate is issued to **LINCOLN SOLDADURAS DE VENEZUELA, C.A.**

The end-user based welding consumables supplied by the company named above have been approved for a further year ending 27 October 2011 with the following items:

Trade Name	Section	Grading
GRISON 29 (E 6018), Dia 4mm, & 5mm.	3	D, X, Yu, O EP 2mm NR
GRISON 15 H (E 7018-FL), Dia 4mm, & 5mm.	3	D, X, Yu, O EP 3mm HB
GRIDUCT 5 (E 7018-A1), Dia 4mm.	3	D, X, Yu, O EP 2mm NR
GRIDUCT 18 (E 8018-C1), Dia 4mm, & 5mm.	3	D, X, Yu, O EP 3mm HB
GRISON 290 (E 6011), Dia 4mm, & 5mm.	3	D, X, Yu, O EP 2mm NR
GRISON 15 (E 7018), Dia 4mm, & 5mm.	3	D, X, Yu, O EP 3mm HB
GRISON 17 (E 7024), Dia 4mm, & 5mm.	3	D EP 3mm HB

Issued By: Caracas Office
Lloyd's Register Central and South America Limited

Witnessed By: Caracas Office
Lloyd's Register Central and South America Limited

Approved by: Lloyd's Register Group

Lloyd's Register, its affiliated subsidiaries and their respective officers, employees or agents are, individually and collectively, referred to in this document as Lloyd's Register Group. The Lloyd's Register Group assumes no responsibility and shall not be liable to any person for any loss, damage or expense caused by reliance on the information or advice in this document or for any such loss, damage or expense caused by reliance on the information or advice in this document or for any such loss, damage or expense caused by reliance on the information or advice in this document or for any such loss, damage or expense caused by reliance on the information or advice in this document.

Form 02/11 (03/10)

LLOYD'S REGISTER IS A DIVISION OF LR

Control de soldadura relevantes de la tabla

Actualizado																										
Control de Soldadura																										
Casco	Estampa	Soldadura Log.	No. de biseles Circunf.	UTS Long	Diamtr. Prom Despues Sold (mm)	Log. Despues de bisel (mm)	Soldadura Circunfe	Estampe circunfe	UTS Circunfe	Tiempo Sol. Log. (h)	Tiempo Sol. circu. (h)	Soldadura E71T1 (Kg)	Soldadura 70-18 (Kg)	Soldadura E6-11 (Kg)	Discos de 7" x 1/4" x 7/8"	Discos de 7" x 1/8" x 7/8"	Grata 4" de diametro ext.	Grata 7" de diametro ext.	Metros transparentes para control de soldadura	Metros oscuros para control de soldadura	Tobera HD-2 Nozz	Difusor Tapelook	Tubo de contacto de diametro 1/2"	CO2 (PSI)	Observaciones	
T1-C1	B	OK	2	No	684	1S05	OK	R	No	8,00	5,00	3,75	0	0	1,2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	100	
T1-C2	B	OK	2	No	680	1S12			No	5,00		2,5	0	0	0,5	0,2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
T1-C3	E	OK	2	Ok	685	1S15			No	11,50		3,5	0	0	3	1,5	0,25	0	1	0	0	0	0	0	50	
T1-C4	E	OK	2	Ok	682	1S10	OK	M	No	10,00		2,5	0	0	5	3	0,25	0	1	0	0	0	0	0	50	

C a s c o	Estampa	Soldadura Log.	No. de biseles Circunf.	U T S L o n g	Diamtr. Prom Después Sold (mm)	Log. Después de bisel (mm)	Soldadura Circunfe	Estampe circunfe	UTS Circunfe	Tiempo Sol. Log. (H)	Tiempo Sol. circun. (H)	Soldadura E71T1 (Kg)	Soldadura 70-18 (Kg)	Soldadura 60-11 (Kg)	Discos de 7" x 1/4" x 7/8"	Discos de 7" x 1/8" x 7/8"	Grata 4" de diámetro ext.	Grata 7" de diámetro ext.
-----------------------	---------	----------------	-------------------------	---------------------------------	--------------------------------	----------------------------	--------------------	------------------	--------------	----------------------	-------------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------------	----------------------------	---------------------------	---------------------------

Vidrios transparentes para careta de soldadura estandar	Vidrios oscuros para careta de soldadura estandar	Tobera HD-2 Nozzle	Difusor Tapelook	Tubo de contacto de diametro 1/16"	CO2 (PSI)	Observaciones
---	---	--------------------	------------------	------------------------------------	-----------	---------------

Foto 6. Ensamble de tubería.



Foto 7. Soldadura de tubería en el interior.



Foto 8. Soldadura de tubería en el exterior.



2.5 SAND-BLASTING

A continuación se hablara de todos los procesos relacionados con el recubrimiento exterior , aspectos a tener encuentra en la preparación pre-aplicación

2.5.1 Método de trabajo.

- Se deberán programar los equipos a limpiar y pintar en un día determinado. A las superficies limpiadas se les deberá aplicar la primera capa de pintura según las especificaciones indicadas en este instructivo. Las superficies limpiadas a las que no se les alcance a dar la primera mano el mismo día, deberán re-limpiarse al día siguiente antes de empezar a pintar.
- Todas las pinturas deberán aplicarse con equipo air less.
- Servicios Industriales realizará una inspección y dejará un registro (como el del anexo 1 de este instructivo) con las características de los equipos utilizados en el sand Blasting y la pintura así como las especificaciones de la arena utilizada.

2.5.2 Limpieza con chorro de arena

- Todas las superficies deben limpiarse por chorro abrasivo hasta un grado equivalente al Sa3 y deben quedar con un perfil de rugosidad de 1.5 mils como mínimo.
- Las superficies deberán quedar libres de salientes o bordes agudos.
- Servicios Industriales y/o la firma contratista realizará pruebas de rugosidad y elaborará registros (como el del anexo 2 de este instructivo) para cada pieza limpiada. Si las mediciones no cumplen con las especificaciones indicadas en este instructivo, el contratista deberá realizar las correcciones necesarias.

2.5.3 Pintura.

2.5.3.1. Aspectos generales

- Si la pintura es suministrada por el contratista, este deberá presentar, antes de iniciar la ejecución de los trabajos, para aprobación de Servicios Industriales, un

certificado de procedencia de la pintura que incluya las especificaciones completas de los tipos de pinturas que se utilizarán, las cuales deberán incluir el nombre comercial, el rendimiento de la pintura, los métodos de aplicación, la temperatura de aplicación, el tiempo de secado entre capas, la preparación recomendada, los solventes utilizados, la resistencia química y orgánica, y la resistencia al agua y a las condiciones climáticas

- El contratista deberá emplear mano de obra calificada y equipo adecuado para efectuar todos los procesos de limpieza de superficies y aplicación de las capas de pintura.
- La pintura deberá aplicarse solamente a las superficies que estén completamente secas y bajo las condiciones ambientales de temperatura y humedad recomendadas por el fabricante de la pintura.
- Se debe dejar los tiempos de secado entre mano y mano recomendados por el fabricante.
- Todo el trabajo de pintura deberá tener un espesor uniforme.

2.5.3.2. Pintura de superficies que van a estar en contacto con agua.

- Anticorrosivo. Se debe aplicar un imprimante epóxido rico en Zinc para obtener una capa de 3 mils de película seca. Se podrán utilizar las siguientes referencias:


2.5.3.3. Pintura de superficies expuestas al ambiente.

- Anticorrosivo: se debe aplicar pintura a base de resinas epoxicas hasta obtener 5 mils de película seca.
- Barrera epóxica: se deberá aplicar una barrera epóxica para obtener 5 mils de película seca.
- Acabado epóxico: Se deberá aplicar pintura exterior a base de Aluminio hasta obtener 12 mils de película seca.


2.5.4 Pruebas e inspección para aceptación de pinturas.

- Servicios industriales realizará una inspección y elaborará un registro de verificación de equipos de pintura a emplear como el del anexo 1 de este instructivo.
- El contratista deberá suministrar, a Servicios Industriales, una placa metálica de prueba por cada equipo pintado de 150 x 200 x 2 mm pintadas con el mismo lote de pintura y el mismo proceso que se esté ejecutando. Sobre estas placas testigos Servicios Industriales realizará pruebas de adherencia mediante tracción directa, cuyos resultados deberán ser mayores que 2,5 MPa (25 kg/cm^2).
- Servicios Industriales realizará un registro del perfil de anclaje (rugosidad) de la pintura según el anexo 2 de este instructivo.
- Servicios Industriales realizará registros de la inspección de la adherencia de la pintura como el del anexo 3 de este instructivo.
- Servicios Industriales verificará la capa de pintura utilizando medidores de espesor aprobados y se llenará un registro del espesor obtenido mediante el formato del anexo 4 de este instructivo.


Formato 8. Registro verificación equipos de pintura.

 Servicios Industriales O.C.G. E.U.		REGISTRO VERIFICACIÓN EQUIPOS DE PINTURA				CÓDIGO: R-EJ-04				
						REVISIÓN: 1				
						FECHA:				
PROYECTO		PROYECTO								
EQUIPO		EQUIPO								
MARCA		MARCA								
MODELO		MODELO								
SERIE		SERIE								
UBICACIÓN		UBICACIÓN								
CUIDAD		CUIDAD								
REALIZADO		REALIZADO								
ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS										
TUBERÍA										
DATO	EQUIPO				EQUIPO				DESVIACIÓN	OBSERVACIONES
	ESP.	H%	°C	TR	ESP.	H%	°C	TR		
1										
2										
3										
4										
5										
\bar{x}										
TUBERÍA										
DATO	EQUIPO				EQUIPO				DESVIACIÓN	OBSERVACIONES
	ESP.	H%	°C	TR	ESP.	H%	°C	TR		
1										
2										
3										
4										
5										
\bar{x}										
INSTRUMENTO UTILIZADO EN LA CALIBRACIÓN										
EQUIPO					EXACTITUD FABRICANTE					
MARCA					RANGO DE MEDIDA					
MODELO					ESCALA					
SERIE					No. DE CERTIFICADO					
RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN:										
PINTOR				CALIDAD				CLIENTE		
NOMBRE				NOMBRE				NOMBRE		
FIRMA				FIRMA				FIRMA		

Formato 9. Inspección espesores de pintura.

 Servicios Industriales O.C.G. E.U.		INSPECCIÓN ESPESORES DE PINTURA		CÓDIGO: RM1.1.2GC		
				REVISIÓN: 1		
PROYECTO						
CONTRATO						
FECHA						
CONDICIONES AMBIENTALES						
TEMPERATURA AMBIENTE:		HUMEDAD RELATIVA :				
TEMPERATURA SUSTRATO:		TEMPERATURA DE ROCIO:				
RANGO DE ESPESORES:		ACABADO DE LA SUPERFICIE:				
IDENTIFICACIÓN ELEMENTO	PREPARACIÓN SUPERFICIE	PINTURA				
		TIPO DE PINTURA		MÉTODO DE APLICACIÓN		
EQUIPOS UTILIZADOS EN MEDICIÓN						
EQUIPO			EQUIPO			
MARCA			MARCA			
MODELO			MODELO			
SERIE			SERIE			
CERTIFICADO CALIB.			CERTIFICADO CALIB.			
CIUDAD			CIUDAD			
EQUIPO						
MARCA						
MODELO						
SERIE						
CERTIFICADO CALIB.						
CIUDAD						
MEDICIÓN ESPESOR PELÍCULA SECA						
	SPOT	SPOT 1	SPOT 2	SPOT 3	SPOT 4	
PINTURA						
CAPA 1						
CAPA 2						
PROMEDIO CAPA 1						
PROMEDIO CAPA 2						
OBSERVACIONES						
RESULTADO:						
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ		
NOMBRE		NOMBRE		NOMBRE		
FIRMA		FIRMA		FIRMA		

Formato 10. Inspección perfil de anclaje.

 Servicios Industriales O.C.G. E.U.		INSPECCIÓN PERFIL DE ANCLAJE		CÓDIGO: R - EJ - 05	
				REVISIÓN: 1	
PROYECTO					
CONTRATO					
FECHA					
CONDICIONES AMBIENTALES					
TEMPERATURA AMBIENTE:		HUMEDAD RELATIVA :			
TEMPERATURA SUSTRATO:		ACABADO DE LA SUPERFICIE:			
DETALLES DEL ELEMENTO A INSPECCIÓN					
MÉTODO DE INSPECCIÓN:					
ELEMENTO DE INSPECCIÓN:					
ESPECIFICACIÓN DEL MATERIAL:					
TEMPERATURA:					
PLANO No:					
ESTADO DE LA SUPERFICIE					
ACABADO DE LA SUPERFICIE:					
REGISTRO FOTOGRÁFICO PERFIL DE ANCLAJE					
Foto 1			Foto 2		
Foto 3			Foto 4		
OBSERVACIONES					
RESULTADO:					
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ	
NOMBRE		NOMBRE		NOMBRE	
FIRMA		FIRMA		FIRMA	

3. ANÁLISIS INTERNO DEL NEGOCIO

3.1 RECURSOS INTANGIBLES

El recurso humano con el que cuenta la empresa es de gran calidad y es una de las herramientas más importantes. Good Will: ya que está especializado en conocimientos específicos, de gran precisión y complejidad, ha sido reconocido en el medio industrial como taller metalmeccánico en maquinas y herramientas de gran confianza, esto a posibilitado la incursión mas fácilmente en el sector metalmeccánico para la fabricación de tubería, en el cual nuestros antiguos clientes en del sector de maquinas y herramientas en muchos casos también son clientes potenciales de esta nueva línea.

3.2 TANGIBLES

Contamos con maquinaria de nueva tecnología como equipos de soldadura invariables, multiprocesos, sensores de temperatura, se utiliza procesos de ultima tecnología como el Flux Core Arc Welding, además se tiene la disponibilidad de maniobra de piezas pesadas tanto de traslación como de rotación. La empresa se encuentra certificada bajo la norma ISO 9001 Versión 2008 la cual ha es una gran ventaja frente a la competencia.

3.3 CAPACIDADES

La empresa cuenta con el servicio de atención las 24 horas los 365 días al año, esto a beneficiado ya que se ha venido con esta cultura, se podría ver como un plus al servicio de esta nueva línea en la cual los proyectos se podrían disminuir de tiempo dependiendo de la necesidad del cliente.

3.4 COMPETENCIAS CENTRALES

La competencia central, esta fundamentada en la calidad, en ingeniería, donde no solo se le entregue un buen producto al cliente, si no que se pueda constatar con pruebas tanto de laboratorios, como en los ensayos no destructivos de soldadura, y tenga una trazabilidad de tal albergue que en cualquier instancia del proceso se pueda detener la actividad por no estar cumpliendo con las normas establecidas, un buen manejo de normas técnicas y de herramientas de ingeniería es el mayor respaldo eficiente y veraz que la compañía pretende exaltar.

Por lo general, siempre hay un servicio postventa, para estrechar lazos con nuestros clientes.

3.5 VENTAJA COMPETITIVA

La ventaja competitiva de la empresa es que se tiene un amplio conocimiento a nivel mecánico funcional en el cual no permita desarrollar, innovar y aplicar diferentes alternativas para la solución rápida de las diferentes dificultades que se puedan presentar.

Lograr transformar las necesidades de nuestro cliente en productos técnicos que cumplan con las normas.

Se ha tenido experiencia a nivel internacional, en el cual a permitido conocer el mercado y saber como esta la organización a nivel nacional e internacional.

Se cuenta con aliados estratégicos en las funciones vitales de los procesos, en el cual se busca que todos trabajen bajo el mismo concepto de calidad, y poder brindarle al cliente mayor versatilidad en el producto deseado. Y a un menor costo.

3.6 SITUACIÓN ACTUAL DE LA COMPAÑÍA ¿QUE HAY?

Servicios Industriales OCG. SAS., actualmente es una empresa del sector Metalmecánica, que conlleva procesos de reconversión de maquinaria, Mantenimiento industrial y fabricación de piezas de repuesto bajo pedido.

Esta certificada bajo la ISO 9001:2008 con la empresa Buro Veritas.

Servicios Industriales es una empresa de tipo familiar por ello su estructura organizacional esta conformada por su dueño en la gerencia general y un familiar encargado de la parte administrativa, un ingeniero mecánico a cargo de la gestión de proyectos, un jefe de planta encargado de la operación de los operarios de planta.

En este momento la empresa cuenta con dos turnos de 12 horas cada uno para cumplir con la política de servicio 24/7.

La compañía cuenta con 6 equipos inversores de soldadura de última tecnología con alta confiabilidad, gran cantidad de herramienta de primera necesidad como galgas, lienzas entre otras, herramientas de desbaste, herramientas para izaje de piezas, estructura metálica para la adaptación en campo, equipos de control de calidad, cuenta con recurso humano de gran experiencia.

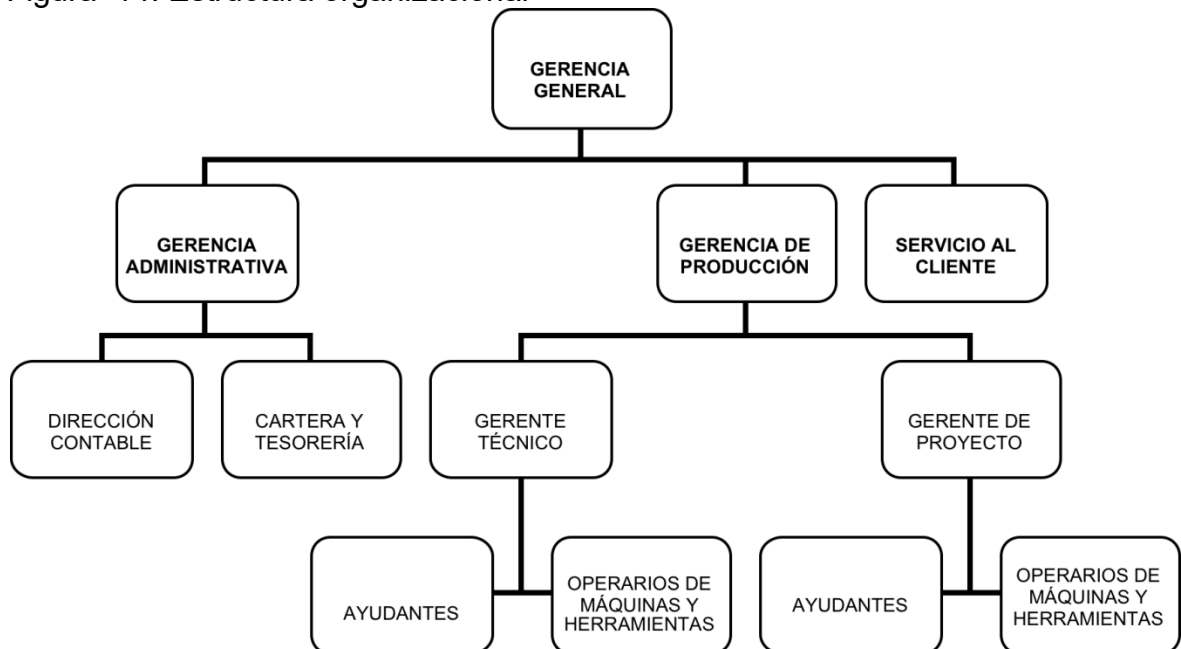
Aunque no tiene la suficiente experiencia en la fabricación de soldadura, ha encontrado personal con ardua experiencia en el tema lo cual ha podido

incursionar en este producto de la forma más segura, sin poner en riesgo el buen nombre de la compañía ni perjudicar al cliente con un mal producto.

Una de las mayores desventajas que tiene actualmente es el no poseer de una roladora, esto ha implicado tercerear el servicio y estar en juego con el tiempo de terceros.

3.7 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Figura 14. Estructura organizacional



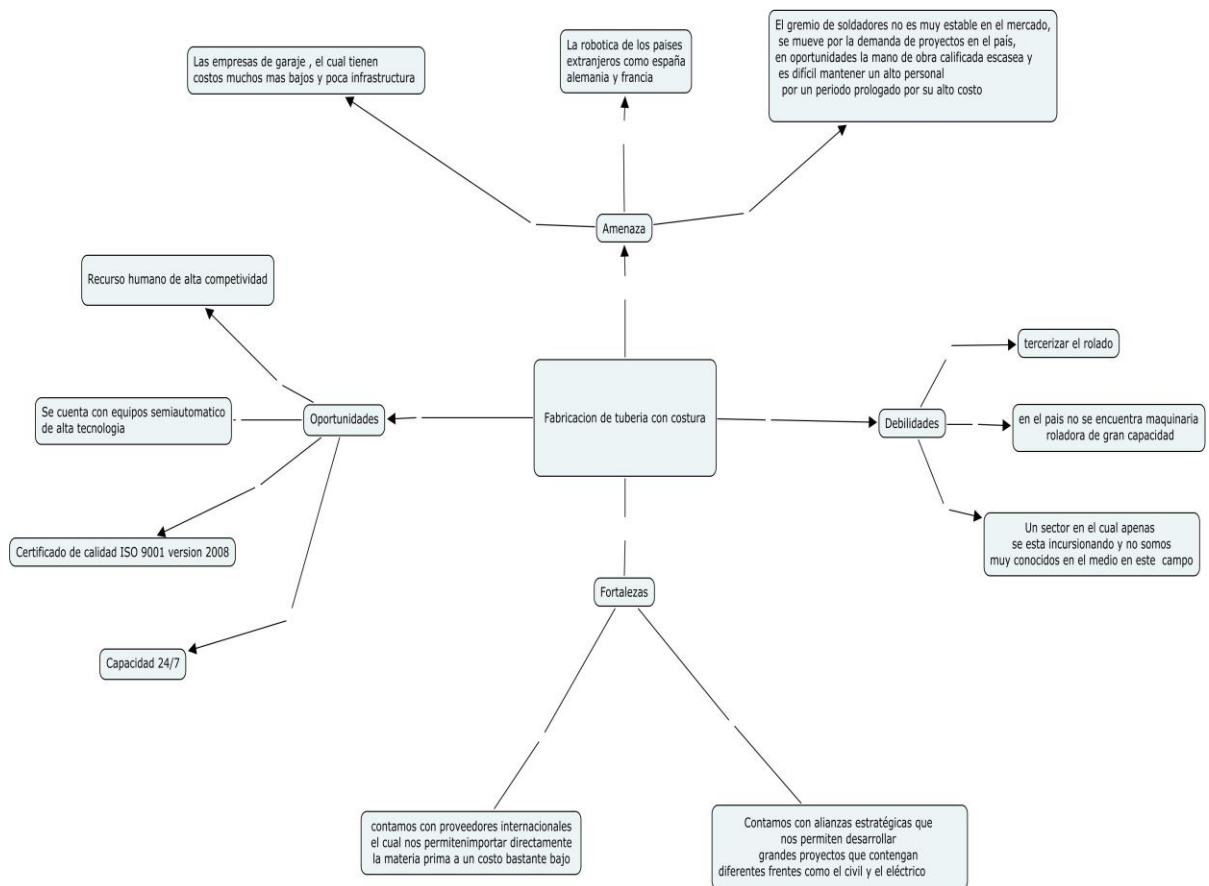
3.8 PROYECCIÓN DE LA COMPAÑÍA ¿A DONDE SE QUIERE LLEGAR?

Actualmente la compañía se esta proyectando, a mediano plazo, dentro de los objetivos corporativos, desarrollar procesos de manufactura como la fabricación de tubería con costura, para así, estandarizar el producto bajolas norma ISO, y A.S.M.E, además impulsar el mercadeo de este mediante medios masivos como el internet, y el voz a voz. También en este momento se encuentra en la negociación

de una maquina roladora CNC de gran capacidad y ultima tecnología. Además uno de los cambios de mayor influencia lo será la abertura de mercados globales, flexibles y prestos para la innovación y el desarrollo industrial, por ello surge la necesidad de adecuar las industrias a las necesidades del futuro. Una forma factible de lograrlo es la reconversión a la automatización. Uno de los elementos llamados a la automatización es la inclusión de herramientas de Control Numérico Computarizado, que brindan ventajas adicionales como la precisión, rapidez en las operaciones y la búsqueda del incremento en la productividad.

3.9 DIAGRAMA DE MATRIZ DOFA

Figura 15. Diagrama de matriz DOFA.



4. CONCLUSIONES

- Con la identificación de los procesos de tubería existentes en el medio se pudo identificar claramente que capacidades se tenía en el país para la fabricación, se detectó que en el país no existe ninguna siderúrgica que fabrique tubería sin costura, y la fabricación de la tubería con costura en las siderúrgicas es limitada.
- No existe en el país una fábrica dedicada exclusivamente a la fabricación de tubería con costura de más de 24" de diámetro.
- Los procesos de construcción de tubería sin costura son de alto costo en comparación de la tubería con costura.
- La maquinaria del medio son muy rudimentaria, y existen limitantes en el ancho de cada casco de tubería para su rolado.
- Se identificó cada uno de los subsistemas existentes en el proceso que intervienen en la fabricación de la tubería con costura.
- Se realizaron formatos y registros para el control de calidad en cada subsistema que no existían dentro de la documentación para la fabricación de tubería sin costura.

- Se aseguro la trazabilidad tanto del proceso como de la instrumentacion utilizada, en los subprocessos y en el proceso final.
- Para dar cumplimiento al objetivo general de este proyecto se presentó resistencia por parte del personal tecnico para diligenciar la informaciona requerida en la estandarizacion de la tuberia con costura.
- Se elaboro una matriz DOFA la cual sirve como herramienta guia para la identificacion de las mejoras a realizar y las fortalezas del proceso en estudio aclarando los distintos subsistemas existentes en la fabricacion de tuberia con costura.
- Actualmente este proceso funciona en la empresa Servicios Industriales O.C.G.E.U y este trabajo sirvio para obtener resultados tangibles y que de alguna manera apunte a una futura certificacion de este producto avalado por ASME.
- Se tiene la desventaja de tener mucho personal rotativo pues se trabaja por proyecto, se estimara a mediano plazo , la automatizacion del proceso
- Se tuvo la presion externa, no solo por los cumplimientos de las especificaciones tecnicas, y cronogramas, si no tambien por la parte contractual como contrato y polizas de cumplimiento.

BIBLIOGRAFIA

ASME Boiler and pressure Vessel Code, seccion IX, 2000.

BUZZEL, D.A. Trend in hydraulic pipe desing. New York: Mc Graw-Hill, 1957

ENTREVISTA con Ana Fernanda Cifuentes. *Ingeniera Industrial de SIDOC S.A., Cali*, 04 de agosto de 2011.

ENTREVISTA con Mario Andres Duque, *Soldador de Servicios Industriales O.C.G, 2011*

ENTREVISTA con Jairo Marulanda, *Ingeniero Mecánico de Servicios Industriales O.C.G.S.A. Medellin*, 20 de 09 de 2011.

ENTREVISTA con Jaime Eduardo Segura, *Soldador de Servicios Industriales O.C.G, 2011*

Benjamín Serratos Monroy, Curso elemental de diseño de tuberías industriales fundamentos y su aplicación en ingeniería. Vol 1. México D.F: PDF 2008

ESAB. Catalogo ESAB, Brasil:ESAB, julio 16 de 2010.

Digital [en línea]
<http://www.digital.ilce.edu.mx/ciencia/volumen2/ciencia3/080/htm/sec_7.htm>
Consulta: 9 Agosto 2011].

Digital [en línea]
<<http://www.drweld.com/gmaw.html> >. [Consulta] 15 agosto 2011.

Digital [en línea]
<<http://www.drweld.com/gtaw.html> >. [Consulta] 15 agosto 2011.

Digital [en línea]
< <http://www.google.com.co/imgres?q=soldadura+saw+definicion&um=>
>. [Consulta] 18 agosto 2011

PINTUCO. Manual de pintuco. Medellin: Pintuco, 2010

NAYYAR. Piping handbook. Nueva York: McGraw Hill, 1992, p. 279
o.c.g, s. i. (2010). certificados de calidad. medellin.

S.I.O.C.G. (2010). certificados de calidad. Medellin.

Digital [en línea]

< www.soldadura+saw+definicion&um>. [Consulta] 23 agosto 2011