

**ESTUDIO SOBRE APLICACIÓN TECNOLÓGICA Y SISTEMATIZADA DE
MÁQUINAS DE SOLDADURA ORBITALES EN REDES DE OLEODUCTOS Y
POLIDUCTOS**

HÉCTOR FABIO VALENCIA RICO

MONOGRAFÍA



**UNIVERSIDAD EAN
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN
BOGOTÁ D.C.**

2012

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	10
3. OBJETIVO GENERAL	11
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4. JUSTIFICACIÓN	12
5. MARCO DE REFERENCIA.....	13
5.1 MARCO TEÓRICO	13
5.1.1 Principio.....	15
5.2 MARCO CONCEPTUAL	16
5.3 DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS PROYECTOS DE MÁQUINAS ORBITALES	17
6. EVOLUCIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA	20
6.1 PROCESO GMAW / (MIG/MAG)	20
6.2 TRANSFERENCIA POR TENSIÓN SUPERFICIAL TTS O STT	29
6.3 PROCESO DE SOLDADURA STT	34
6.4. COMPARATIVO ENTRE SOLDADURA MANUAL (SMAW) Y AUTOMÁTICA (GMAW).....	45
7. CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE TRANSPORTE CON PROCESOS DE SOLDADURA.....	52
7.1 EQUIPOS UTILIZADOS	56
7.2 LOGÍSTICA EN LA CONSTRUCCIÓN	60
7.3 EMPRESAS ESPECIALIZADAS EN SOLDADURA AUTOMÁTICA.....	62
7.4 SISTEMAS DE SOLDADURA AUTOMATIZADOS.....	63
7.5 OTRAS CARACTERISTICAS DEL SISTEMA ORBITAL DE SOLDADURA	66
8. IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESO DE SOLDADURA AUTOMÁTICO EN COLOMBIA	71

9. CONCLUSIONES..... 74
10. ABREVIATURAS..... 76
11. BIBLIOGRAFÍA 77

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a mí familia, quienes fueron los gestores para que yo lograra finalizar esta gran etapa en mi vida personal y profesional, a ellos mil gracias por su amor, su apoyo incondicional, el sacrificio y la confianza que depositaron para lograr alcanzar este triunfo.

De igual forma un agradecimiento especial a todas y cada una de las personas y entidades que de alguna u otra forma colaboraron e hicieron posible poder alcanzar esta meta.

1. INTRODUCCIÓN

En la industria del petróleo, el transporte de los hidrocarburos desde los campos de producción hacia los diferentes puntos de refinación o de embarque para la exportación, cumple una función primordial como lo es la de hacer llegar de un punto a otro de forma segura y eficiente el producto extraído de los pozos o en el caso de los poliductos el transporte de los productos refinados desde la refinería hasta los centros de distribución de las ciudades.

En ambos casos es necesario construir una serie de instalaciones para realizar este transporte de productos, llamados oleoductos ó poliductos según sea el caso. Estas instalaciones se construyen mediante la unión de tubos que cumplen determinadas condiciones y los cuales son soldados uno a uno siguiendo los estándares y normas internacionales para tal fin; pero esta es una labor muy compleja y detallada la cual requiere de procedimientos y personal calificado para realizarlo.

Con el paso de los años se han ido optimizando las técnicas usadas en la construcción de estos sistemas, ellas, estando enmarcadas dentro de las normas API y ASTM, siempre han requerido de personal calificado, y éste personal se tarda un tiempo determinado en la construcción del oleoducto o poliducto, dependiente de trazado, tamaño y tipo del proyecto.

A raíz del avance de la tecnología, por medio de la robótica se han diseñado en los últimos años, una serie de maquinas capaces de realizar pegas o soldaduras entre dos tubos, de forma automática y continua. Lo que ha mejorado ostensiblemente los tiempos de construcción de los proyectos, sobre todo en el exterior.

Con el estudio realizado en esta investigación se tendrá una idea más cercana, sobre la posibilidad de seguir implementando esta tecnología en los proyectos de expansión petrolífera en Colombia, de igual forma se realizará previamente una analogía de cómo se ha ido conformando la actual infraestructura de redes de

oleoductos en el país, la cual se ha construido casi que en un 100% de forma manual y junta por junta, por personal calificado, ya que debido al tipo de topografía existente en el país y por otros motivos más adelante explicados, no se había logrado implementar esta técnica en Colombia e incluso en latino América.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente Colombia cuenta con redes de transporte y distribución de hidrocarburos, en donde la característica común ha sido que estos sistemas se han construido de forma independiente por diversas compañías, dependiendo del tipo de proyecto para el cual fueron contratadas.

Cada una de estas compañías constructoras de líneas de transporte de hidrocarburos, usan métodos y técnicas que siempre deben estar alineados y avalados por las normas establecidas a nivel internacional para este fin. Estas técnicas por lo general cuentan con máquinas y herramientas de última generación, ya que el nivel de seguridad y responsabilidad para el manejo de los productos que se van a transportar por estos sistemas, así lo requieren.

Sin embargo y por lo general, pese a que hoy en día hay grandes avances en la tecnología utilizada para la construcción de oleoductos y poliductos, siempre se debe acudir a la mano de obra calificada para realizar las juntas o uniones de la tubería que transportará los hidrocarburos en forma segura.

Algunas de las labores realizadas por el personal calificado y no calificado están relacionadas con el pre alistamiento de la tubería, como el precalentamiento, biselado y protección de las juntas, mostradas en la figura 1.



Figura No. 1. Alistamiento de tubos para ser soldados. Dyna Torque Technologies Inc. (2011) presentación, PDF, p.13

Esta mano de obra debe cumplir y tener las certificaciones de las normas API, las cuales regulan las aptitudes y conocimientos que deben tener estas personas para poder realizar este arduo, dispendioso y especializado trabajo.

En Colombia se encuentran sistemas como el Oleoducto Central S.A, con una longitud aproximada de 832 Km y cuya construcción se demoró un tiempo cercano a los 24 meses. En otros países como Canadá un proyecto de estos duraría en construirse aproximadamente de 18 a 20 meses máximo.

En la figura 2 se pueden observar cómo están distribuidas y construidas las principales redes de oleoductos del país, los cuales están es proceso de optimización y expansión de sus capacidades.

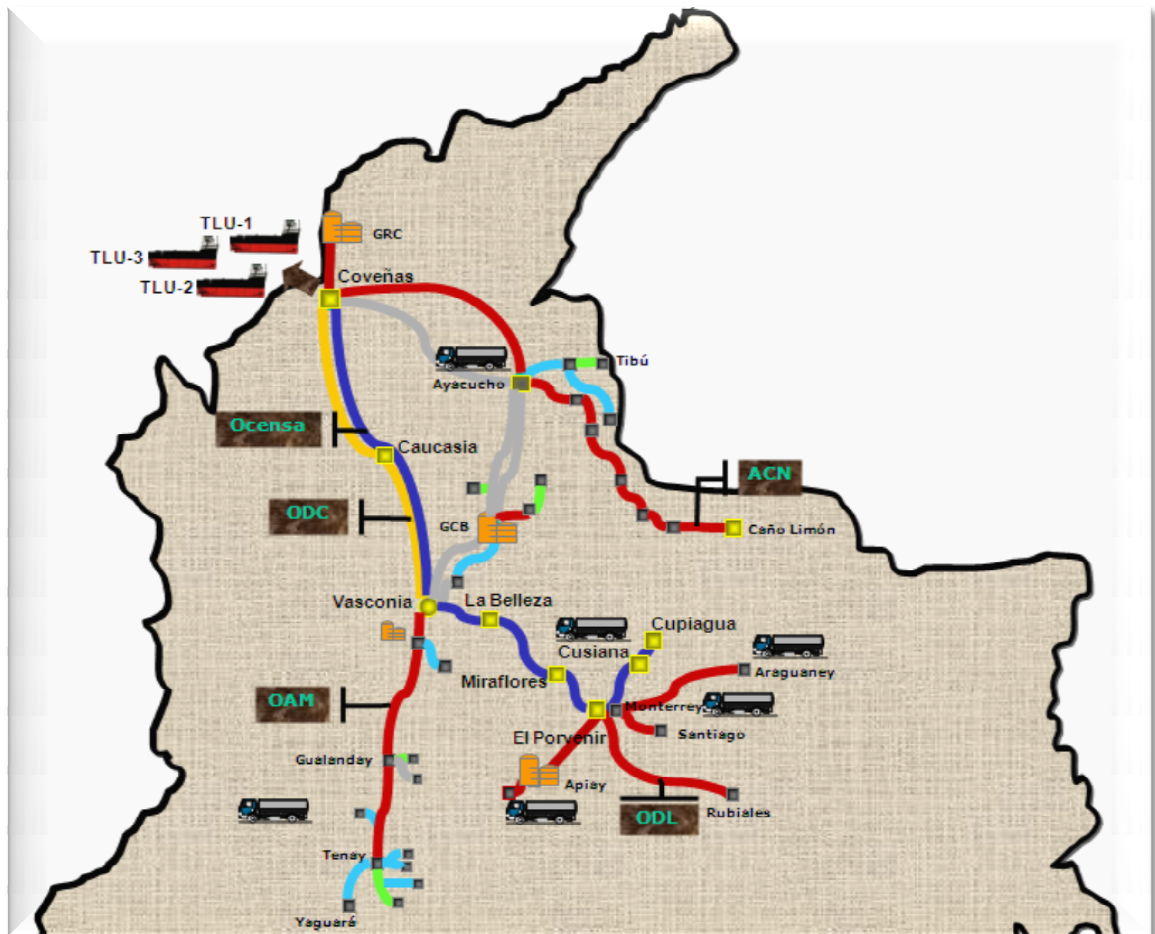


Figura No. 2. Distribución de redes de oleoductos en Colombia, Ecopetrol (2010)

Para dimensionar un poco la magnitud que tiene un sistema para transporte de algún hidrocarburo, a manera de ejemplo se considerará la construcción de un pequeño sistema de tubería con un diámetro de 20" y con una longitud aproximada de 200 Km, el cual deberá ser construido a través de un sistema topográfico presentando diferentes condiciones del terreno.

Cada uno de los tubos requeridos para este proyecto tiene una longitud típica de 12 m, con espesores variables entre 0.275" y 1.25" dependiendo de las presiones hidráulicas que soportará por diseño. Teniendo en cuenta que 200 km equivalen a 200.000 m, realizando una división sencilla vemos que se requerirían aproximadamente 16.700 tubos para la construcción de este ejemplo de proyecto.

Con lo anterior se puede visualizar, que cada uno de estos tubos requiere de 2 juntas o pegas para ir construyendo el oleoducto, también muestra que realizando unas cuentas generales, se requieren aproximadamente 33.400 pegas o uniones para la construcción de este sistema, esto significa que, dependiendo del tiempo estipulado para la construcción, se necesitarían varios frentes de trabajo y bastante mano de obra calificada para poder realizarlo.

Unos cálculos aproximados muestran que debido a lo laborioso y dispendioso de este trabajo, se necesitarían aproximadamente de 20 a 24 meses para su construcción. En el cuadro 1 se pueden ver los diámetros y longitudes de los principales sistemas actualmente funcionando en el país, algunos con más de 20 años, fueron construidos en su totalidad de forma manual.

SISTEMA	LONG (KM)	DIAMETRO (in)	LLENO LÍNEA (Bls)
OCENSA	832,094	16", 30" y 36"	2.315.287
ODC	480,613	24"	838.084
OAM	397,51	20"	481.795
ODL	220,1	24"	391.956
SANTIAGO	79,9	10"	26.715
ARAGUANAY	103,9	14"	53.422
APIAY	125,47	16" y 20"	89.494 + 149.140
ACN	770,5	18", 20" y 24"	1.056.953

Cuadro No. 1. Sistemas de oleoductos construidos en Colombia. Héctor Valencia, 2012

2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, el planteamiento principal sería: ¿Se podrá realizar una implementación de un tipo de máquina orbital totalmente automatizada, la cual mejore la actual situación de los procesos de soldadura en la construcción de oleoductos y poliductos?

- ¿Se pueden optimizar los tiempos de construcción de sistemas de oleoducto y poliductos en Colombia al utilizar este tipo de tecnología?

- ¿Se logran disminuir los costos que se presentan en la construcción de los sistemas de transporte de hidrocarburos?

- ¿Se optimizará la maniobrabilidad en la construcción de oleoductos y poliductos, los cuales atraviesan zonas topográficas complejas de la geografía Colombiana?

3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la posibilidad de poder usar una máquina orbital automatizada que realice las uniones o soldaduras de los tubos con los cuales se construyen oleoductos y poliductos en el país.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir en forma detalla el sistema de funcionamiento de una máquina de soldadura orbital mecanizada y las características de las que se ofrecen comercialmente con todos los factores que influyen en la construcción de un sistema de transporte de hidrocarburos.
- Identificar los próximos proyectos que se tienen en el país en donde se pudiere tratar de implementar este tipo de tecnología a mediano y largo plazo como el proyecto del OBC (Oleoducto Bicentenario), el cual inició su construcción a finales del año 2011.
- Poder evaluar el impacto en la calidad de las soldaduras realizadas por las maquinas orbitales, vs las soldaduras que se realizan de forma manual por el personal calificado y obtener algún parámetro de medición entre los dos procesos respecto a la calidad.

4. JUSTIFICACIÓN

Con la elaboración de este trabajo, se pretende obtener información suficiente la cual pueda ser utilizada en la aplicación técnica y sistematizada de una máquina de soldar tuberías de oleoductos y poliductos para los futuros proyectos que se realicen en Colombia.

Debido a que este tipo de tecnología actualmente no es muy usada en Colombia, este estudio permitirá conocer más a fondo las ventajas y los beneficios que se pudieran obtener al ser implementada en un proyecto, de igual forma observar las restricciones y limitaciones al momento de ser evaluada en alguno de los proyectos de construcción de Colombia.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1 MARCO TEÓRICO

La humanidad ha estado realizando por siglos juntas de metales utilizando procesos metalúrgicamente pocos avanzados y los cuales han sido tecnificados y modificados en los últimos años. Algunas técnicas fueron utilizadas por cerca de treinta siglos por las tribus en Grecia, al igual que en otros continentes. Pero es sólo a partir del siglo XVI (Renacimiento), en donde se empieza a dar formulación al uso de diferentes métodos con el fin de mejorar y optimizar los que hasta esa época eran utilizados en diversos procesos requeridos por la humanidad.

Se realizaron mejoras en la forja de metales, optimizando así las aleaciones y propiedades del producto final; hacia el año 1782 en Alemania se obtienen los primeros resultados de juntas de metales por fusión eléctrica, lo cual fundamentó las primeras teorías de soldadura por arco eléctrico por Sir Humphrey Davy en 1808 en el Instituto Royal de Inglaterra. Por años él realizó diferentes prácticas científicas pero sólo 20 años después se usó el término “arco” para estos procesos.

La primera persona en patentar la unión de metales como soldadura eléctrica, fue el caballero inglés Wilde en 1860's, siendo el método de arco eléctrico tenido en cuenta como interés científico hasta el año 1881 en donde la soldadura por arco de carbón fue introducida y ganó mucha popularidad.

Posteriormente fue lanzado en Gran Bretaña un electrodo de metal recubierto que daba un arco más estable al momento de soldar las partes, En 1919 se inventa la soldadura de corriente alterna, la cual alcanzó popularidad sólo 10 años después.

Pese a que el acetileno fue descubierto en 1836, sólo fue usado en soldadura prácticamente hasta el año 1900 donde fue desarrollado para ser usado en un soplete especial para esta labor. (The James F. Lincoln, 2000, p. 5).

Este método fue uno de los más populares debido a su practicidad (fácil de portar) y a su bajo costo durante el siglo XX, mientras que la soldadura de arco se fue desarrollando para optimizar su aplicación en diferentes procesos, prácticamente dejó en desuso el método de soldadura a gas con acetileno, debido a que este último deja muchas impurezas al soldar las partes.

Por lo general las guerras causan e influyen en el repunte de tecnologías y producciones y para el caso de la evolución de los procesos de soldadura no era la excepción, esta fue primordial durante la primera guerra mundial por el aporte realizado en la construcción de armas, naves y de embarcaciones en donde los Británicos fueron pioneros para la implementación y desarrollo de tales métodos.

Es a partir de implementar y optimizar las técnicas de soldadura de tal forma que en el año 1920 se realiza la primera introducción a la soldadura automática, en la que el alambre del electrodo se mantenía alimentado continuamente mientras se realizaba el proceso. Desde este momento y hasta mediados del siglo XX cuando se refleja un gran número de nuevos inventos de métodos de soldadura incluyendo la soldadura de arco sumergido que actualmente tiene mucha popularidad en las industrias.

Después de la posguerra y hacia los años 60's tiene su aparición la soldadura por arco con núcleo fundente, siendo un elemento clave utilizado en los equipos automáticos, debido a los excelentes resultados al incrementar las velocidades de los procesos a soldar. También en este periodo se inventaron la soldadura de arco de plasma, la soldadura por electro escoria, la soldadura con rayo de electrones y la soldadura por electro gas. (The James F. Lincoln, 2000, p. 12).

Dos décadas después hacia los años 80's se inventó la soldadura por rayo laser la cual ha sido de excelente utilidad en los procesos automatizados debido a su alta velocidad de ejecución pero limitado sólo a determinados procesos por los altos costos de los equipos necesarios que deben ser usados para tal fin.

Luego de realizar un breve recorrido por la forma cómo han evolucionado los métodos de soldaduras en los últimos años, para el caso particular de este proyecto, será enfocado en la metodología utilizada en la soldadura automatizada de una máquina orbital, y poder observar los factores del porque, esta tecnología es tan poco usada en la construcción de los proyectos de oleoductos y poliductos en Colombia.

5.1.1 Principio

El principio de operación del método de soldadura se basa en la transferencia a través de la corriente de arco, la cual es causada por las fuerzas eléctricas y magnéticas, durante el movimiento del arco a lo largo de la junta, llevando a cabo una fusión progresiva y permitiendo la mezcla del metal fundido, seguida de la solidificación, y por tanto, la unificación de las partes. (Foundation, 2000).

Cuando la soldadura por arco eléctrico fue desarrollada por primera vez, se utilizaban electrodos desnudos de acero dulce, en donde no sólo era difícil de soldar con electrodos desnudos, sino porque el arco tenía un comportamiento errático, permitiendo la generación de depósitos con altos niveles de porosidad, óxidos y nitruros que al reaccionar con el aire y como era de esperarse, estas producían soldaduras que carecían de ductilidad y de tenacidad.

Actualmente es utilizado un electrodo con blindaje de metal de arco, el cual es un recubrimiento o revestimiento aplicado al metal base por extrusión o por inmersión, que contiene ingredientes para proteger el arco y proteger el metal caliente de la reacción química con los componentes de la atmósfera.

Esto es necesario para evitar la captación de oxígeno y nitrógeno y la formación química de óxidos y nitruros en el baño de fusión. Otra característica es la de proporcionar limpiadores y desoxidantes para refinar el metal de soldadura y finalmente también produce una capa de escoria fundida en glóbulos de metal fundido durante su traslado a través de la corriente de arco.

5.2 MARCO CONCEPTUAL

Normalmente todos los métodos de soldadura están avalados y regidos por normas y procedimientos estandarizados por entidades internacionales, los cuales son establecidos dependiendo de la actividad del proceso y del uso para el cual está destinado.

Para este trabajo se citarán las principales normas (API, ASME, ANSI, AWS) que se tendrán en cuenta en lo relacionado con los procesos de soldadura para la construcción de líneas de oleoductos y poliductos según los estándares internacionales y referenciados en la tabla 1.

NOMBRE DE LA NORMA / DOCUMENTO	versión / año
Code of Federal Regulations (CFR) Title 49 Parte 195: Transportation of Hazardous Liquids by Pipeline	2007
ASME B31.4: Liquid Transportation Systems For Hydrocarbons, Liquid Petroleum Gas, Anhydrous Ammonia, and Alcohols	2006
ASME Boiler and Pressure Vessel Code – Section IX: Welding and Brazing Qualifications	2008
API Standard 1104: Welding of Pipelines and Related Facilities. 20th Ed.	2005
API Recommended Practice 2201: Safe Hot Tapping Practices in the Petroleum and Petrochemical Industries. 5th Ed.	2003
API Standard 650: Welded Steel Tanks for Oil Storage. 11th Edition	2007
API Standard 653: Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction, 3 rd Edition	2008
Pipe with Flowing Conditions- Technical Support Document 2003	2003
PRCI L51713e: Effective Procedure Variables for Weld onto In-Service Pipelines 1994	1994

Tabla No. 1. Normas utilizadas en procesos de soldadura, OCENSA, Proceso de reparación de soldaduras PDF, (2000). p. 18

5.3 DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS PROYECTOS DE MÁQUINAS ORBITALES

Para esta sección se realizó un análisis a diferentes proyectos y estudios mediante diversos documentos presentados en congresos y eventos internacionales, en ellos se evidenciaran muchos conocimientos adquiridos, así como las dificultades y limitaciones mostradas en los mismos.

Las máquinas orbitales (Fig. 3) constan de tres partes: el controlador, manipulador y la máquina de soldadura. El controlador es el encargado de realizar todas las tareas relacionadas con el proceso de soldadura y a su vez controla tanto el manipulador robótico, como la máquina de soldar.

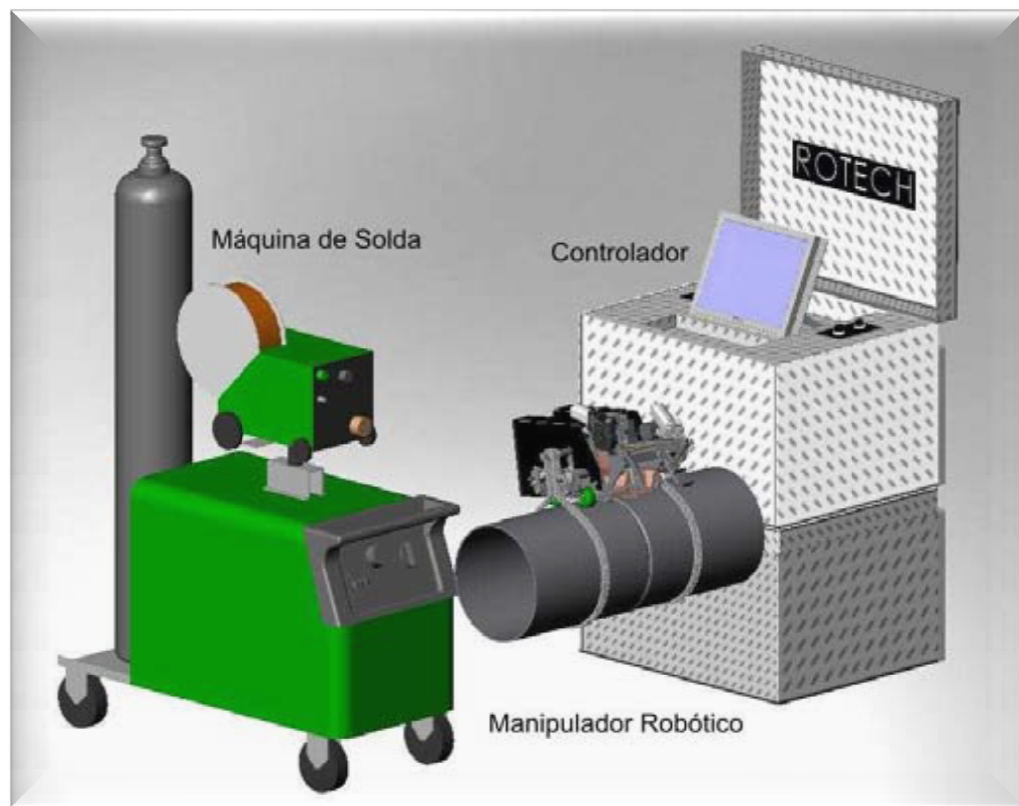


Figura No. 3. Sistema de robot para soldadura orbital de tuberías. Ivanilza Felizardo, Alexandre Queiroz Bracarense , Hernandes Coutinho Fagundes y Flaviano Lopes, (2007). p. 2

El manipulador está diseñado para ser compacto, ligero, de fácil manejo y transporte y que se pueda tener una adaptación en el tubo. Algunas de las primeras versiones como las mostradas en la figura 4a, presentaron algunas dificultades, en donde unos de lo más críticos fue el relacionado con el sistema de fijación de la manija en el tubo. (Ivanilza Felizardo, Alexandre Queiroz Bracarense, Hernandes Coutinho Fagundes y Flaviano Lopes, 2007, p. 2).

También se observan en esta figura los dos tipos de sujeción que se usan en este prototipo, como lo son la sujeción manual y la sujeción que posee un motor.

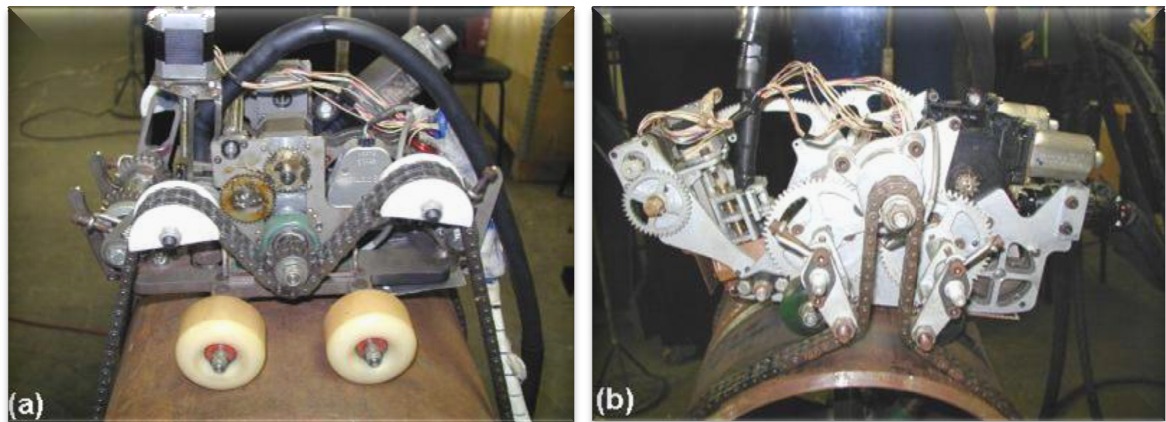


Figura No. 4. La primera versión destacando el sistema de sujeción (a) manual y en segundo lugar el que tiene motor (b). Ivanilza Felizardo, et al. (2007). p. 2

Este sistema requiere la intervención directa y asistida del operador, ya que se debe aplicar una fuerza sobre el mismo mecanismo, el cual a su vez endurece la cadena de partición del tubo. A medida que se ejerce la fuerza y este a su vez se impulsa en ambos lados del manipulador alrededor de la tubería, se notan desalineaciones considerables. Lo anterior indicaba que se requería cambiar el ajuste que se tenía actualmente, el cual antes era manual como el de la fig. 4a, para un sistema automático, fig. 4b, siendo ayudado por un motor corriente continua.

Para la segunda versión se evidenciaron algunos inconvenientes con el soplete, consistentes en que tenían el mismo tamaño y también con el peso. Debido a que en el mercado no se conseguía un soplete que cumpliera con los requerimientos de diseño, para lo cual fue necesario diseñar un nuevo soplete.

Una vez construido el nuevo soplete se pudo observar que la diferencia de tamaño y peso lograron cumplir con el requisito de diseño esperado. Para mejorar

aún más el desempeño del controlador se reemplazó el motor responsable del manejo del soplete, el cual antes era de motor paso a paso (Segunda versión del controlador) y en la actualidad es un motor de corriente continua, la Figura 5 muestra la tercera versión mejorada del controlador. (Ivanilza Felizardo, et al. 2007, p. 3).

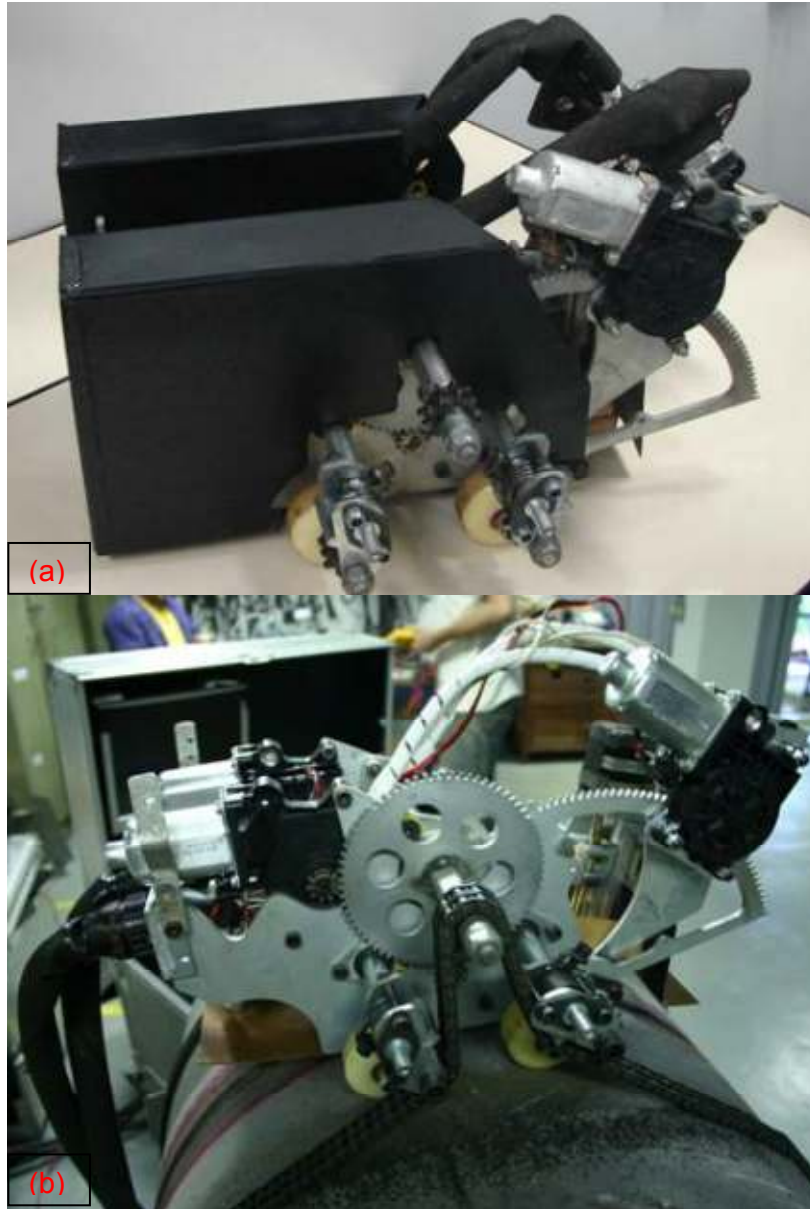


Figura No. 5. La versión actual del controlador: (a) sin cubierta protectora (b) con cubierta protectora. Ivanilza Felizardo, et al. (2007). p. 3

6. EVOLUCIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA

6.1 PROCESO GMAW / (MIG/MAG)

Definición

Es un proceso de soldadura por arco eléctrico, este arco se forma entre un alambre de metal suministrado en forma continua y el material base para producir la fusión de ambos. El proceso usa un gas para protección del área de soldadura (o mezcla de gas) que proviene de un contenedor externo y sin aplicación de presión alguna. (Richard Boyacá, 2011, p. 5).

Como se puede observar en la figura 6 la cual esquematiza cada uno de los componentes que se requieren en este proceso.

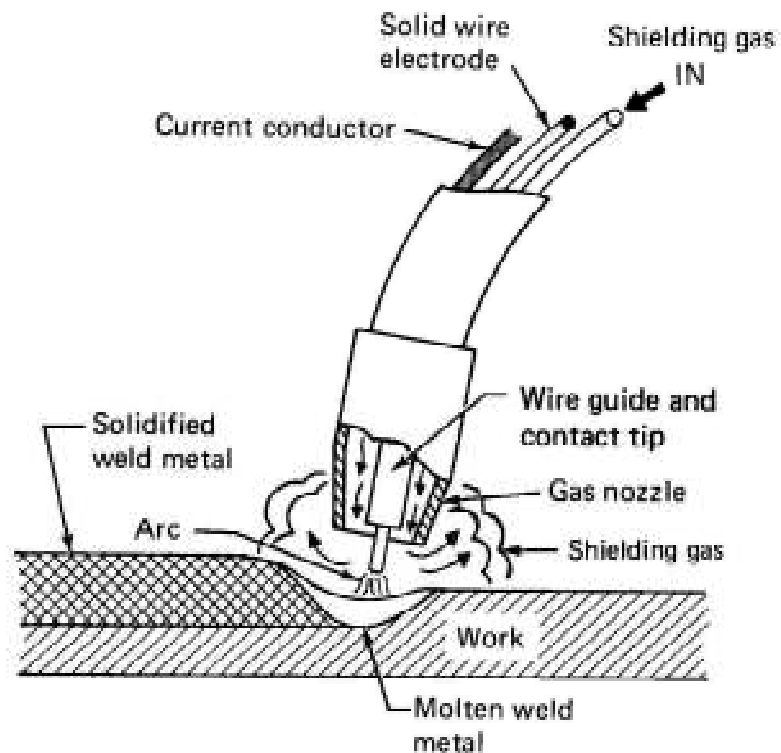


Figura No. 6. Descripción del proceso GMAW. Lincoln Soldaduras de Colombia, presentación (2007). p. 5

SOLDADURA GMAW/ (MIG/MAG)

El proceso de soldadura GMAW que significa Gas Metal Arc Welding, se compone de dos tipos de soldadura metálicas (MIG/MAG), la soldadura MIG significa Metal Inert Gas y la soldadura MAG que significa Metal Active Gas.

Este proceso necesita de una Fuente de Poder de Voltaje Constante (CV), en él se usa un alambre sólido y un gas externo de protección y una Corriente Directa Polaridad Invertida (DCEP o DC +). (Richard Boyacá, 2011, p. 6).

En la figura 7 se pueden observar todos los componentes que hacen parte del proceso GMAW.

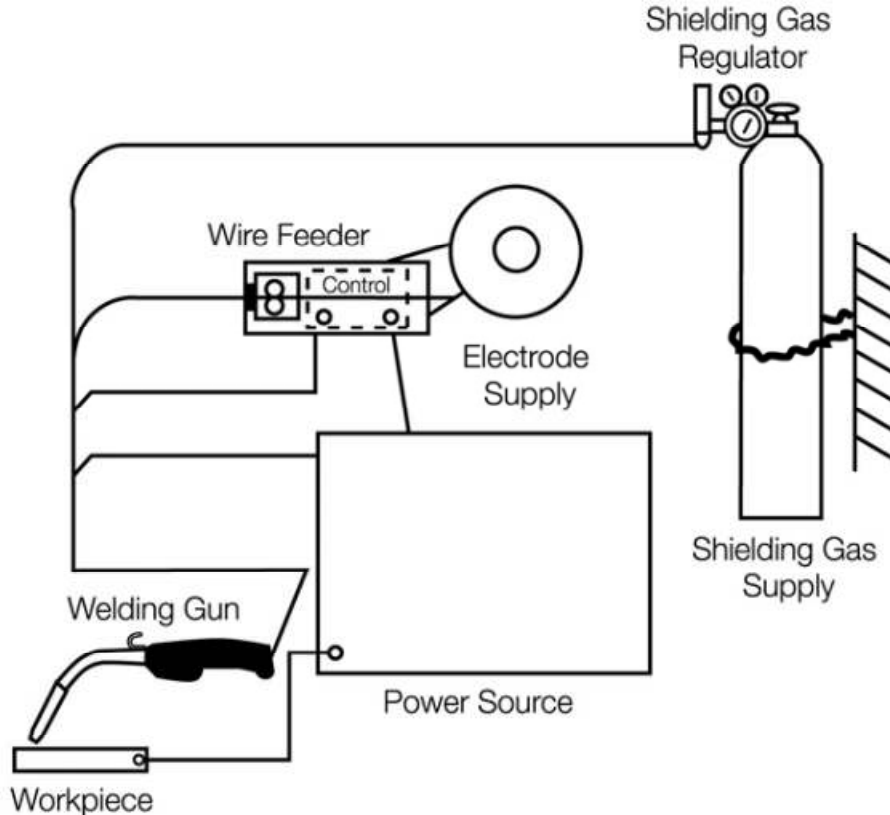


Figura No. 7. Componentes de un sistema GMAW/ (MIG/MAG). Lincoln Soldaduras de Colombia, presentación (2007). p. 6

Los componentes del equipo de soldadura GMAW se observan en la figura 7, allí se encuentran la fuente de poder de voltaje constante (CV), el alimentador de alambre de velocidad constante, la pistola y cables de conexión de la misma, el

flujómetro, Mangueras, Cilindro y Conexiones para el gas requerido en el proceso y el alambre (Electrodo).

En la figura 8 se ilustran los componentes que integran el equipo de soldadura GMAW, entre ellos encontramos: el cilindro de gas con su regulador y su medidor de flujo, la red tubular del gas de protección, los alimentadores automáticos de alambre, la fuente regulada de poder y el soplete con el cable de trabajo.

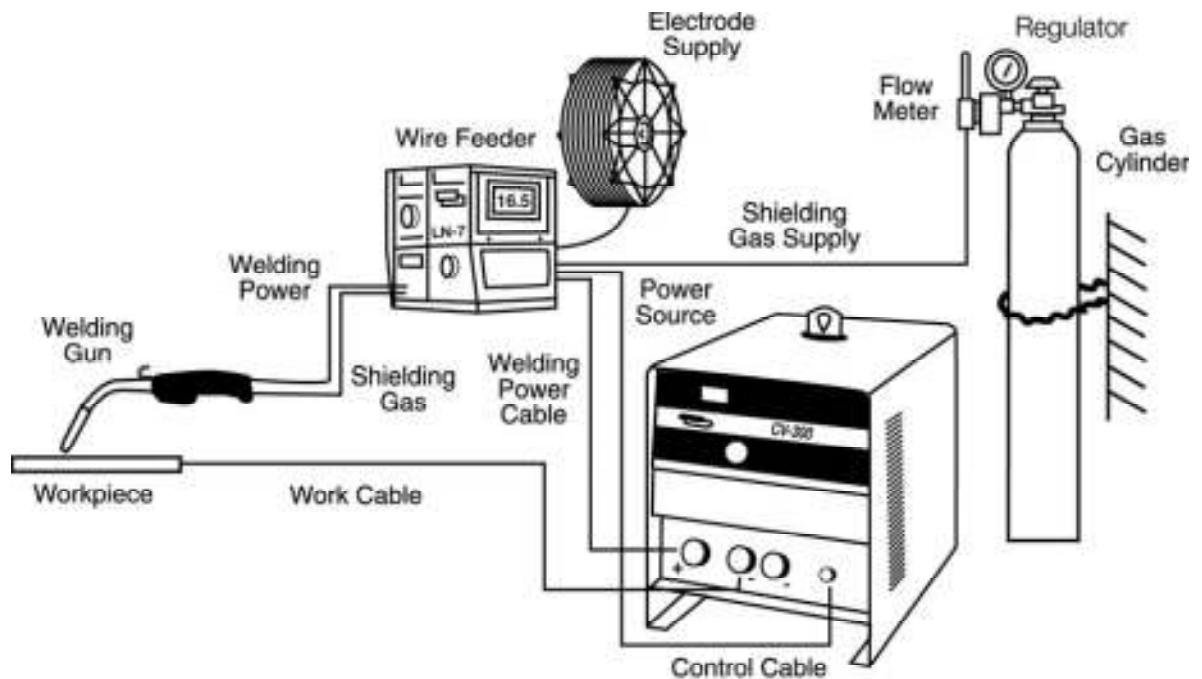


Figura No. 8. Componentes del Equipo de GMAW. Lincoln Soldaduras de Colombia, presentación (2007). p. 8

Los siguientes son los gases usados en el proceso de soldadura GMAW

- Dióxido de Carbono
- Mezcla de Argón/Dióxido de Carbono
- Mezcla de Helio/Argón/Dióxido de Carbono
- Argón
- Mezcla de Helio/Argón

La figura 9 muestra un cilindro típico para almacenamiento del gas de protección, estos recipientes son fabricados en acero y soportan grandes presiones del gas que almacenan.



Figura No. 9. Cilindro típico de gas usado en los procesos de soldadura. Lincoln Soldaduras de Colombia, presentación (2007). p. 9

Ventajas del proceso GMAW	Desventajas del proceso GMAW
Puede usarse en una gran variedad de metales	Menos portabilidad (cilindro de gas y mangueras)
Es excelente en todos los espesores	No es adecuado para trabajo de campo (el gas es afectado por la brisa)
Es un proceso de Alta Eficiencia	El material a soldar o base debe estar limpio (sin polvo, óxidos, grasa, etc.)
Se puede usar en toda posición de soldadura	Alta radiación en el modo de transferencia por spray
Alta calidad de soldadura	Existe la posibilidad de tener falta de fusión en el modo de transferencia por corto circuito
No produce escoria	Existe la posibilidad de socavación en el modo de transferencia por spray
Bajo nivel de salpicadura	

Tabla No. 2. Ventajas y desventajas del proceso de soldadura GMAW. Lincoln Soldaduras de Colombia, presentación (2007). p. 10,11.

Los alimentadores de de alambre de forma continua son indispensables en el proceso de soldadura automática, ya que siendo la materia prima que más se consume en el proceso, deber ser suministrada de forma con permanente y segura, esta parte de proceso ha tenido también grandes avances como se puede observar en la figura 10, en donde hay diversidad de equipos para los diferentes tipos y procesos de soldadura.

LF-72.

LN-7 -GMA.



Figura No. 10. Alimentadores de Alambre Lincoln para Proceso MIG-MAG. Lincoln Soldaduras de Colombia, presentación (2007). p. 13

De igual forma los alambres utilizados en los procesos de soldadura, tienen una serie de clasificaciones para que puedan ser reconocidos técnicamente en la industria, para el caso del proceso de soldadura MIG/MAG esta clasificación está dada por la AWS como se muestra en la figura 11.



Figura No. 11. Alimentadores Clasificación AWS de los Alambres MIG-MAG. Lincoln Soldaduras de Colombia, presentación (2007). p. 22

Un aspecto muy importante e incluso determinante de los alambres usados en los procesos de soldadura, son los gases de protección usados en cada uno de ellos como complemento en la fusión limpia y segura.

A continuación en la tabla 3 se muestran los gases utilizados para algunas de las referencias de alambres usados en los procesos MIG/MAG Lincoln

Aceros Bajos Aleados	Gas de Protección
Super Arc LA-75 (ER80S-Ni1).	CO ₂ .
Super Arc L-90 (ER80S-D2).	Argón + CO ₂ .
Super Arc L-100 (ER100S-G).	Argón + O ₂ .

Tabla No. 3. Ventajas Ejemplo de aceros del proceso MGAW con sus gases de protección. Lincoln Soldaduras de Colombia, presentación (2007). p. 24.

Los gases de protección presentan una serie de ventajas que los hacen útiles y económicos a la hora de elegirlos para que sean los más óptimos durante el proceso, como se pueden observar en la figura 12.

<i>Transferencia:</i>	<i>Gas:</i>	<i>Ventajas:</i>
<i>En aceros al carbono: Por corto circuito, Globular.</i>	<i>100% CO₂.</i>	<i>Buena penetración. Buena velocidad de avance. Bajo costo. Menos salpicaduras.</i>
<i>STT. En aceros al carbono: Por rociado/spray, Rociado pulsado.</i>	<i>75% Ar + 25% Co₂. 80% Ar + 20% CO₂ 85% -96% Ar + CO₂ balance.</i>	<i>Charco mas fluido. Es la mezcla mas barata. Mayor velocidad de soldadura. Mayor penetración. Menos socavaduras.</i>

Figura No. 12. Ventajas de los Gases de Protección para un Proceso MIG-MAG. Lincoln Soldaduras de Colombia, presentación (2007). p. 29

Para la realización del proceso de soldadura MIG-MAG se deben resaltar algunos aspectos relacionados con las boquillas utilizadas en el proceso, es así como la extensión del electrodo cumple una función vital durante la fusión del metal, permitiendo una mayor distancia en el arco que se forma, ver figura 13.

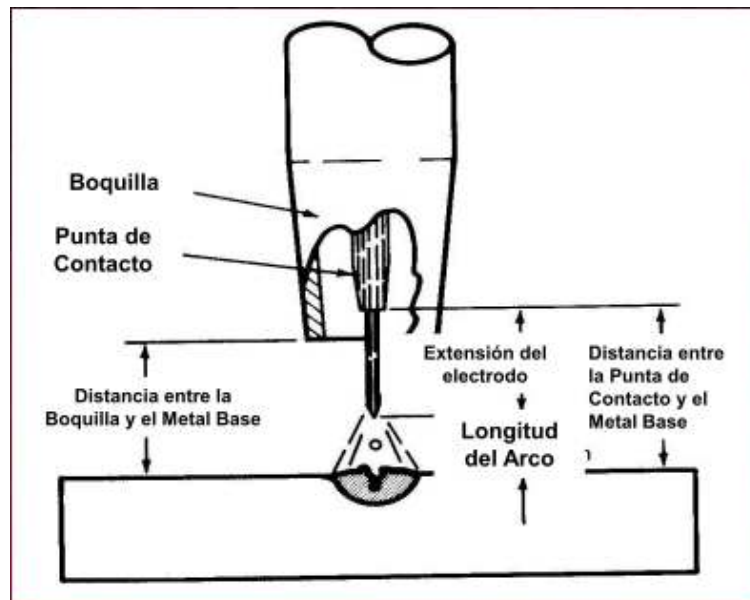


Figura No. 13. Diagrama de la Extensión del Electrodo "Stickout". Lincoln Soldaduras de Colombia, presentación (2007). p. 30.

Otro aspecto a destacar en este método y el cual fue visto en el capítulo 5, es el del ángulo de la posición del soplete, ya que este ángulo de incidencia, optimiza la ejecución del cordón y el proceso de soldadura en general.

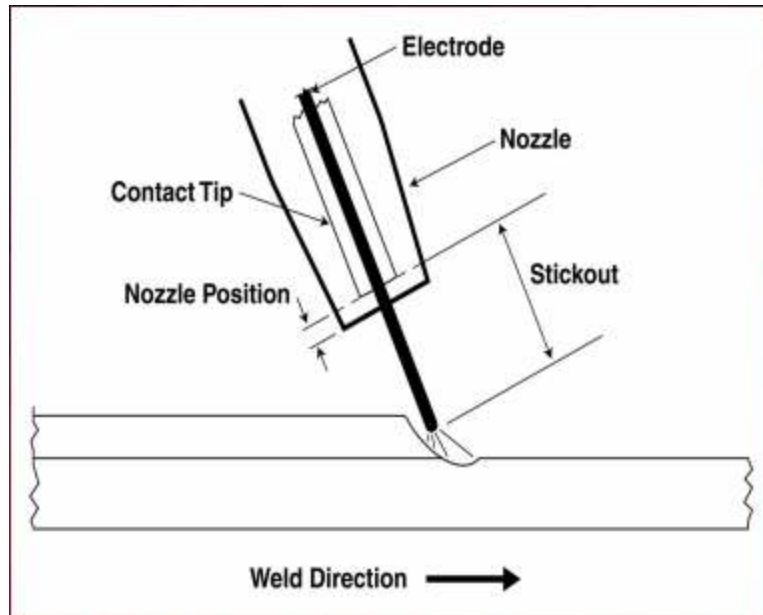


Figura No. 14. Esquema de la Posición del soplete para el Proceso MIG-MAG. Lincoln Soldaduras de Colombia, presentación (2007). p. 31.

Las figuras 15 y 16 muestran como debe ser la técnica de inicio en la soldadura, cuando se aplica el cordón, de igual forma el sentido y la dirección serán determinantes para que al final la presentación del cordón, quede listo para el segundo pase de soldadura. Esta técnica es parametrizada y ajustada en la maquina orbital de acuerdo al tipo de pase en el que se esté (como pase de raíz, de relleno o de presentación).

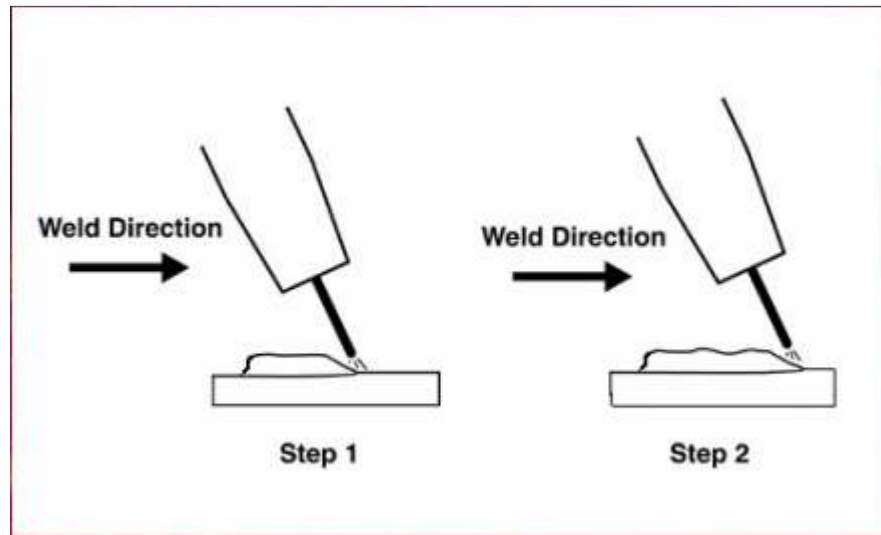


Figura No. 15. Técnica de Inicio de la soldadura para el Proceso MIG-MAG. Lincoln Soldaduras de Colombia, presentación (2007). p. 32.

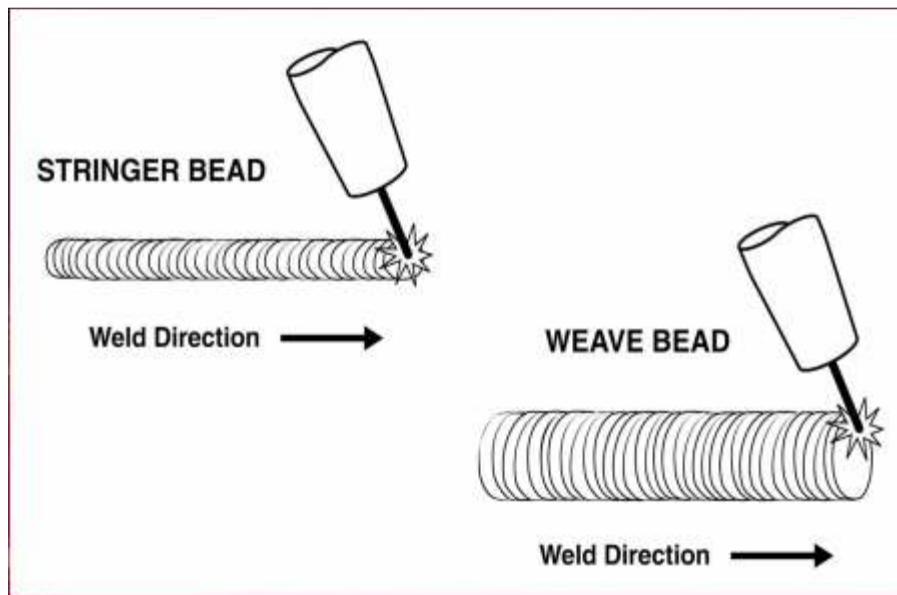


Figura No. 16. Esquematzación de las Técnicas de soldadura para el Proceso MIG-MAG Lincoln Soldaduras de Colombia, presentación (2007). p. 33.

6.2 TRANSFERENCIA POR TENSIÓN SUPERFICIAL TTS O STT

Generalidades del proceso MIG

Es un proceso de soldadura por arco eléctrico, el cual se forma entre un alambre continuo de metal y el material base para producir una fusión de los dos. El proceso usa un gas para protección del área de soldadura (o mezcla de gas) que proviene de un contenedor externo y sin aplicación de presión alguna. (RICHARD BOYACA: Transferencia por Tensión Superficial TTS o STT, Presentación, 2011, p. 2



Figura No. 17. Transferencia por tensión superficial TTS, Lincoln Electric, (2011). p. 2

Los modos de transferencia se pueden clasificar en dos grupos, el primero es el modo convencional, el cual se divide en modo por Corto Circuito, en modo Globular y en modo por Rociado (Spray).

El segundo grupo es el de Tecnología de Control de Onda (Waveform Control Technology, que a su vez se divide en Rociado por Pulso usando la técnica Power Wave Technology y en el de Transferencia por Tensión Superficial (STT o Surface Tensión Transfer). (RICHARD BOYACA, Presentación, 2011, p. 3)

En la transferencia por Corto Circuito se presenta la siguiente secuencia, la cual se puede tratar de percibir en la figura 18.

- Se enciende el arco.
- Se forma una gota en la punta del alambre.
- La gota toca el metal base.
- La gota es transferida al metal base.
- Se funde en el metal base.
- Se re-enciende el arco eléctrico y se repite el ciclo. (RICHARD BOYACA, 2011, p. 4)



Figura No. 18. Transferencia por corto circuito, Lincoln Electric, (2011). p. 4

En la figura 19 se alcanza a notar el modo de soldadura por Transferencia Globular y que maneja la siguiente secuencia:

- Se inicia el arco eléctrico.
- Se forma una gran gota en la punta del alambre.
- El calor aportado funde el metal base.
- La acción de la gravedad hace que caiga la gota sobre el metal base.
- Se produce una gran cantidad de salpicaduras por el choque de esta contra el charco líquido.

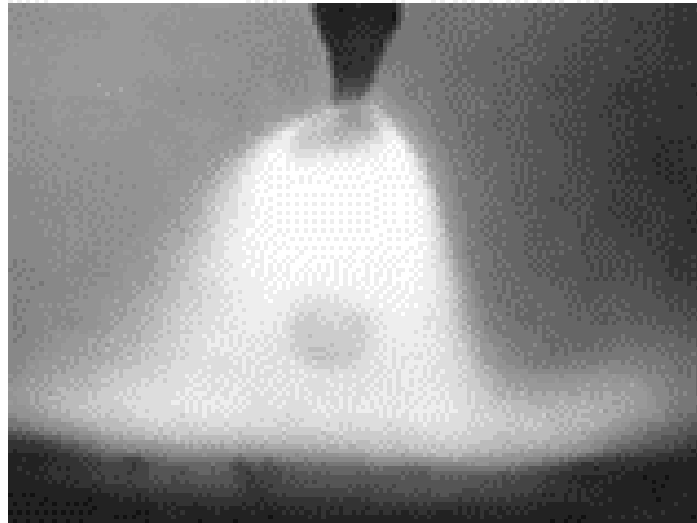


Figura No. 19. Visualización de la transferencia por el modo convencional Globular, Lincoln Electric, (2011). p. 5

Finalmente en el modo de Transferencia por Spray se presenta la siguiente secuencia en el proceso de soldadura:

- Se inicia el arco.
- El amperaje debe estar por encima del nivel de transición.
- Se forma la punta del alambre afinada.
- Pequeñas gotas del alambre derretido son transferidas al metal base a través de la columna de plasma formada en el arco.

	Corto Circuito	Globular	Spray
Voltaje	16 – 22 V	25-35 V	25-35 V
Amperaje	30-300 Amp	200-500	200-500
Diámetros de alambre	0,025"-0,045"	0,35"-0,045"	0,045"-1/16"
Gases	<ul style="list-style-type: none"> •100% CO₂ (Bajo Costo). • 75% Ar + 25% CO₂ Mezclas (Alto Costo). 	<ul style="list-style-type: none"> •100% CO₂ (Bajo Costo). • 75% Ar + 25% CO₂ Mezclas (Alto Costo). 	<ul style="list-style-type: none"> •75% Ar + 25% CO₂. 80% Ar + 20% CO₂. • 90% Ar + 10% CO₂. 95% Ar + 5% O₂. • 98% Ar + 2% CO₂. 98% Ar + 2% O₂.

Tabla No. 4. Características de los procesos por tensión superficial. Lincoln Electric, (2011). p. 7

En la tabla 4 se pueden observar los rangos de operación de los procesos por transferencia de tensión superficial.

Ventajas y Desventajas

Como en todos los aspectos relacionados con la industria, muchos procesos presentan limitaciones cuando en su aplicación y para el caso del proceso de soldadura por tensión superficial, no es la excepción. En la tabla 5 se pueden observar las ventajas y las limitaciones presentadas en este proceso.

	VENTAJAS	LIMITACIONES
CORTO CIRCUITO	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo aporte de calor y costo - Puede soldar en toda posición - Se maneja excelente en uniones irregulares 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitado a soldar espesores finos - Genera salpicaduras en el metal base - Posibilidad de falta de fusión
GLOBULAR	<ul style="list-style-type: none"> - Alta penetración - Altas ratas de deposición - Bajo costo del gas 	<ul style="list-style-type: none"> - Excesivas salpicaduras - Opera solamente en posición plana y horizontal
SPRAY	<ul style="list-style-type: none"> - Cordón suave y de excelente apariencia - Alta penetración y rata de deposición - No hay salpicaduras 	<ul style="list-style-type: none"> - Probabilidad de socavación - Costo de gas alto (Mezclas ricas en Argón) - Opera solamente en posición plana y horizontal - Alta irradiación del arco eléctrico

Tabla No. 5. Características Ventajas y limitaciones de los procesos por tensión superficial. Lincoln Electric, (2011). p. 8

Tecnología de control de Onda

Es la tecnología Lincoln que permite una excelente salida de corriente de soldadura, la cual es procesada y almacenada en la fuente de poder.

Tecnología Power Wave: Presente en las fuentes de poder Lincoln Power Wave, la cual permite:

- Seleccionar el tipo de material a soldar.
- Seleccionar el diámetro del alambre.
- Seleccionar el Modo de Transferencia por el tipo de gas usado

GMAW – Pulse

Presenta un amplio rango de trabajo al seleccionar escalas de corriente y voltaje. Permite realizar el proceso de soldadura en diferentes posiciones. Se usan dos niveles de corriente: una de base (Background) y otra de pico (Peak). (RICHARD BOYACA, 2011, p. 10)

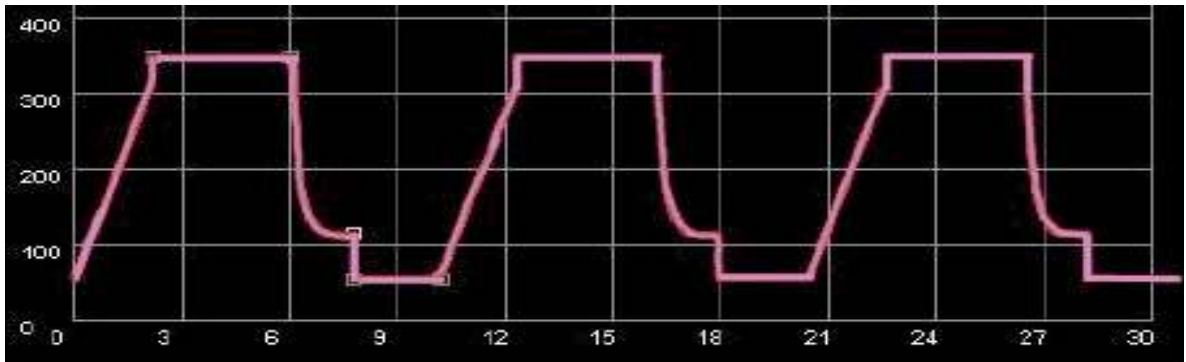


Figura No. 20. Tendencias de los niveles de corriente GMAW – Pulse, Lincoln Electric, (2011). p. 10

En la tabla 6 se pueden observar las ventajas y limitaciones del proceso GMAW

VENTAJAS	LIMITACIONES
Mejor fusión que la obtenida por transferencia por corto circuito.	Se necesita un buen nivel de limpieza del metal a soldar.
Menos socavación.	Mayor erosión de la punta de contacto o contact tip.
Menos humos y salpicaduras.	Es más costoso al compararlo con la transferencia por corto circuito o globular.
Menos calor aportado al metal base que la transferencia por rociado sin pulso.	El costo del equipo es mayor respecto a MIG convencional.

Tabla No. 6. Ventajas y limitaciones del proceso GMAW. Lincoln Electric, (2011). p. 10

Para poder llevar a cabo este proceso son necesarios los siguientes requerimientos:

- Altos voltajes (de 23 a 33 Voltios).

- Altos amperajes (de 200 a 500 amp).
- Alambres de diámetros gruesos entre 1,2 mm (0,045") a 1,6 mm (1/16").

De igual forma los siguientes son los gases recomendados para el proceso:

- 90% Ar + 10% CO₂.
- 95% Ar + 5% O₂.
- 98% Ar + 2% CO₂.
- 98% Ar + 2% O₂.

6.3 PROCESO DE SOLDADURA STT

Es un proceso de soldadura MIG/GMAW, donde sucede una transferencia por cortocircuito controlada, denominado Transferencia por Tensión Superficial. Donde, el control de la corriente es completamente independiente de la velocidad de alimentación del alambre. Donde se usa un alambre sólido para establecer el arco eléctrico con el metal base, con un gas de protección (CO₂) sin llegar aplicar presión alguna. (RICHARD BOYACA, 2011, p. 5)



Figura No. 21. Cordón de soldadura de un proceso STT, Lincoln Electric, (2011). p. 10

En la figura 21 se puede observar como es aplicada la técnica de soldadura en el proceso STT, en este se tiene en cuenta la distancia del soplete del arco formado, el suministro continuo del cable de soldar y el movimiento circular a medida que se avanza con el cordón de soldadura.

Las Ventajas de este proceso, se mencionan a continuación:

- Elimina el pase en caliente/Hot Pass.
- Elimina el esmerilado del pase de raíz.
- Es un depósito de material de bajo contenido de hidrógeno.
- Permite rellenar con procesos de alta velocidad de relleno sin riesgo de quemadura.
- Elimina el riesgo de las faltas de fusión y de penetración.
- Calidad radiográfica consistente.
- Bajo nivel de humos y salpicaduras.
- Permite usar un \varnothing alambre grueso, sin riesgo de quemaduras en el bisel.
- Opera con un gas de protección (CO₂) de bajo costo.
- Mayores velocidades de deposición al ser comparado con SMAW y GTAW.
- Presenta tolerancia al High-Low.

En la figura 22, se pueden comparar los métodos de electrodo revestido y el proceso de soldar STT, en la parte alta se evidencia que el pase de raíz del electrodo revestido, no es tan uniforme como el presentado en la parte media de la figura como en el proceso STT, de igual forma las siguientes capas elaboradas por el electrodo revestido, son más desiguales, mientras que las capas presentadas por el proceso STT, se notan uniformemente distribuidas y casi planas.

SMAW xx10,
electrodo revestido



STT

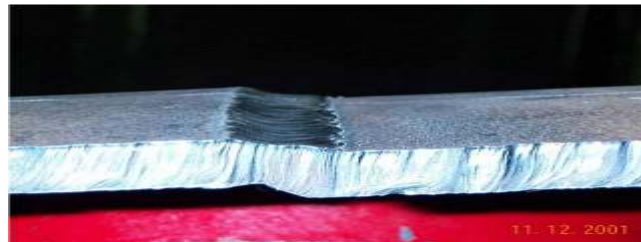
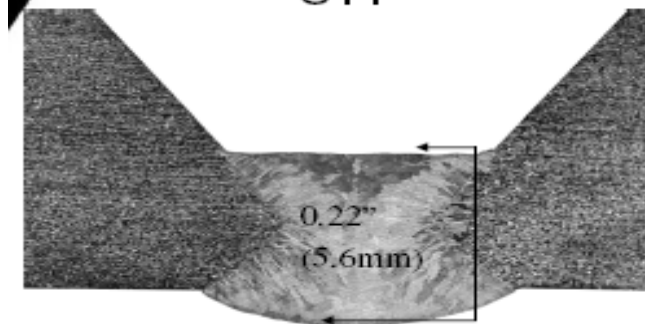


Figura No. 22. Comparación entre el proceso STT y el de electrodo revestido, Lincoln Electric, (2011). p. 14

Las limitaciones de este proceso son:

- Presenta menor portabilidad al compararlo con proceso SMAW.
- Susceptible a las corrientes de aire en la soldadura en campo.
- Necesita de un suministro de corriente eléctrica.
- Requiere de conocimiento del manejo del equipo.

La figura 23 muestra varias fuentes de poder, las cuales son usadas en el proceso de soldadura STT, estas son de fácil transporte y manejo por parte de los operarios.



Figura No. 23. Fuentes de poder para el proceso de soldadura STT, Lincoln Electric, (2011). p. 15

En estas fuentes de poder, la corriente es ajustada con cada gota que se fusiona, aproximadamente 148 veces por segundo.

Con este tipo de fuentes, se puede tener el control exacto de la corriente manejada por el electrodo durante el proceso de soldadura (controlando de forma independiente la velocidad y la corriente por cada hilo), esto permite una reducción ostensible en la emisión de humos, chispas y tiempo de amolado.

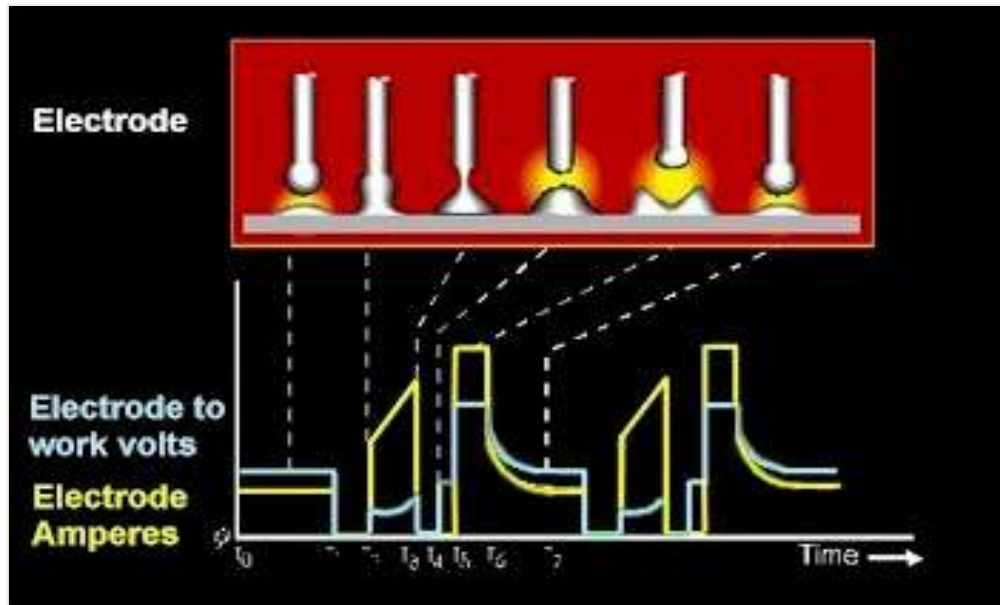


Figura No. 24. Etapas de fusión en el proceso STT, Lincoln Electric, (2011). p. 16

Dentro de las etapas contempladas en el proceso STT se encuentran Corriente de Base (Background), la Corriente de Corto Circuito, la Corriente de Estrangulamiento, la Segunda Reducción de Corriente, la Corriente de Pico (Peak) y la cola de salida, observadas en las figuras 24 y 25.

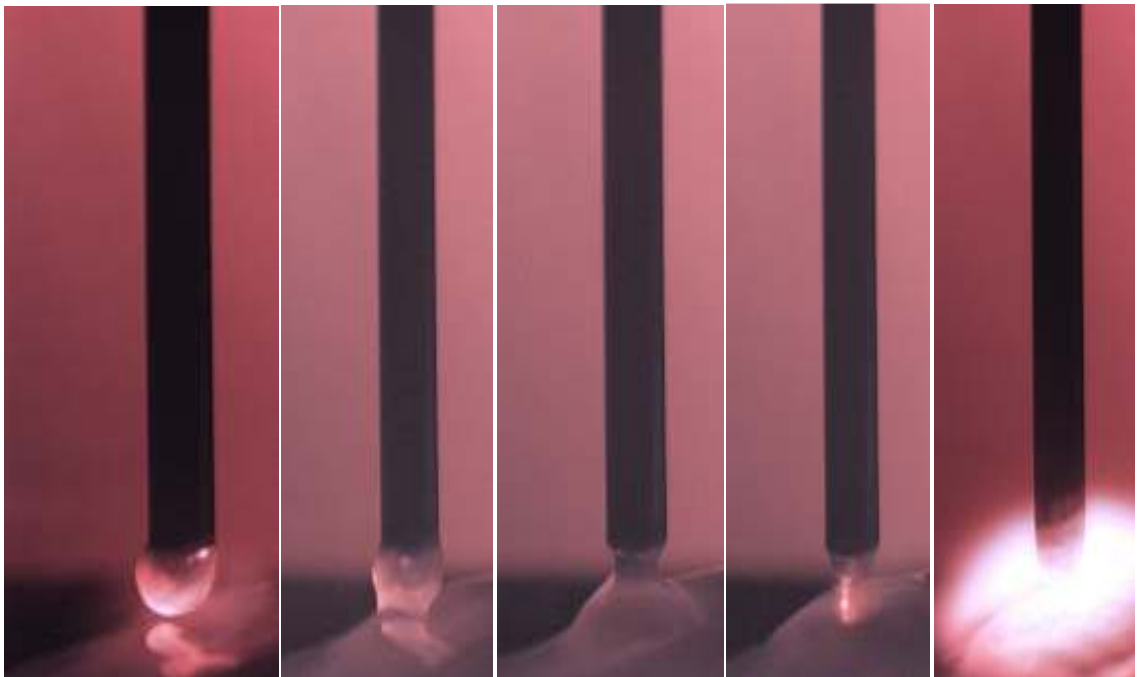


Figura No. 25. El arco de STT Corto Circuito CONTROLADO, Lincoln Electric, (2011). p. 17

A continuación se describirán los principios o fases que intervienen en cada una de las etapas del Proceso de Soldadura STT.

Corriente de Base (Background)

En esta primera etapa la corriente mantiene el arco encendido, al tiempo que contribuye con el aporte de calor fundamental para iniciar la fusión de los dos materiales y finalmente se presenta la corriente previa al cortocircuito, como se puede observar en la figura 26.

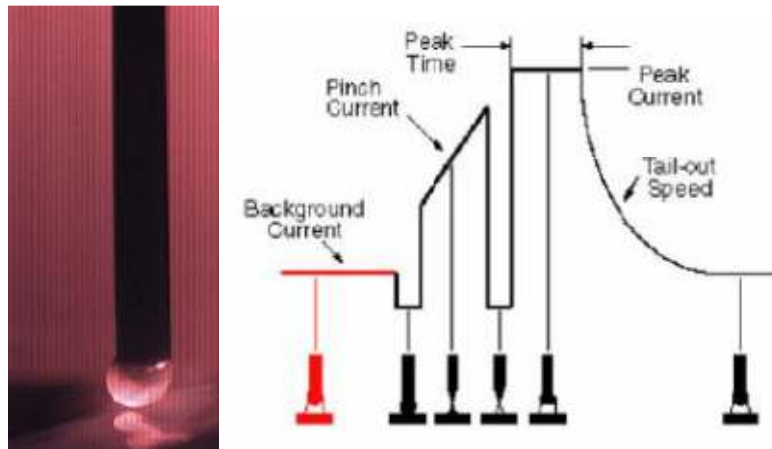


Figura No. 26. Corriente de Base (Background), Lincoln Electric, (2011). p. 18

Corriente de corto circuito

Para esta etapa del proceso el sensor de voltaje detecta el corto circuito, seguidamente y como parte del proceso la corriente es reducida, esta disminución de corriente promueve la transferencia del metal suavemente sobre las partes metálicas a soldar, logrando esparcir el cordón de forma uniforme y esta la razón del bajo nivel de salpicaduras que se produce en este proceso STT.

En la figura 27 se visualiza la tendencia o comportamiento de la corriente en esta etapa del proceso.

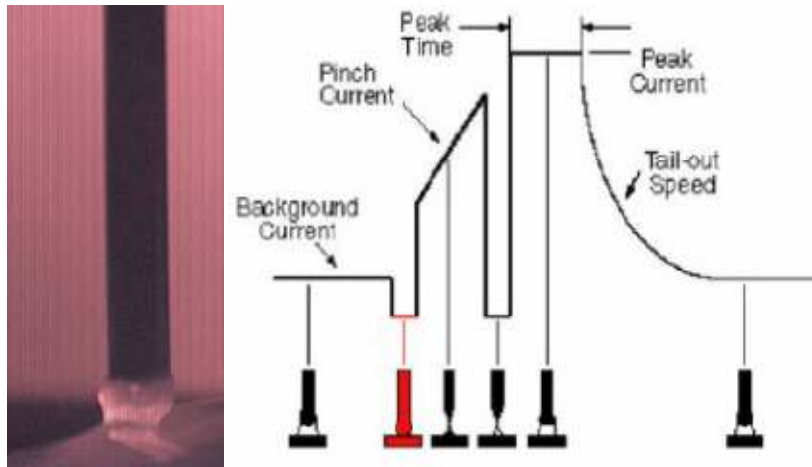


Figura No. 27. Corriente de Corto Circuito, Lincoln Electric, (2011). p. 18

Corriente de estrangulamiento

Como se logra observar en la figura 28, una vez se presenta el esparcimiento del metal fundido, se incrementa la corriente inmediatamente, después, de iniciado el contacto, para generar la separación de la gota.

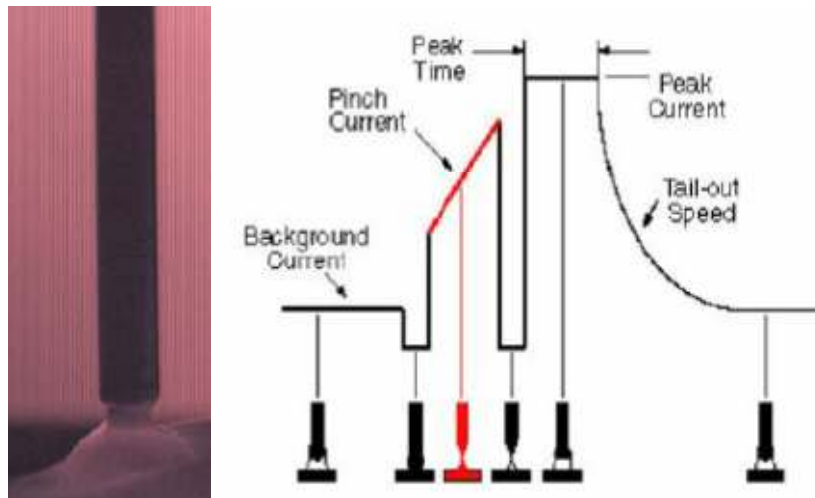


Figura No. 28. Corriente de Estrangulamiento, Lincoln Electric, (2011). p. 19

Segunda reducción de corriente

Esta reducción de la corriente en esta etapa del proceso STT, evita la emisión de proyecciones y salpicaduras, logrando generar un proceso limpio y seguro en el producto terminado lo que se puede ver en la figura 29. (RICHARD BOYACA, 2011, p. 5)

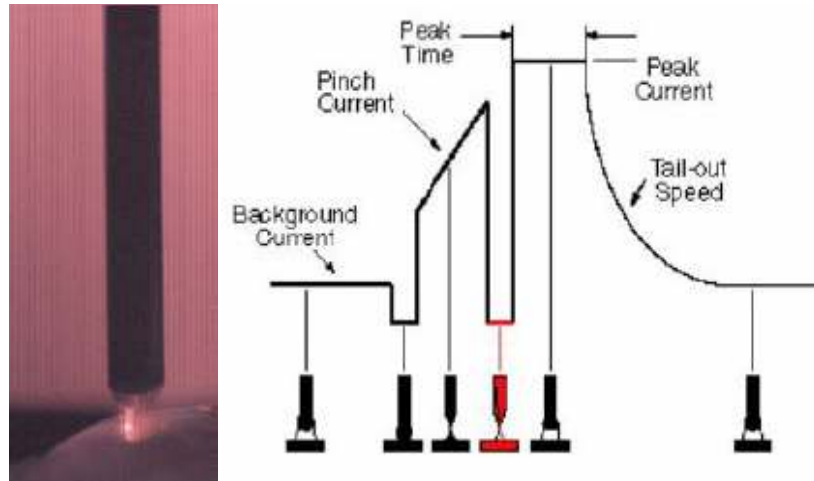


Figura No. 29. Segunda Reducción de Corriente, Lincoln Electric, (2011). p. 19

Corriente pico

Para esta etapa del proceso, se aplica un alto valor de corriente para re-establecer el arco eléctrico, esto permite que se reactive la fusión del metal y que no se quede pegada la varilla de metal a la unión que se está formando en las pegas. Posteriormente se produce un aporte de calor al metal base, asegurando una buena fusión.

Esta secuencia de cambios en el proceso, se pueden ver en la figura 30.

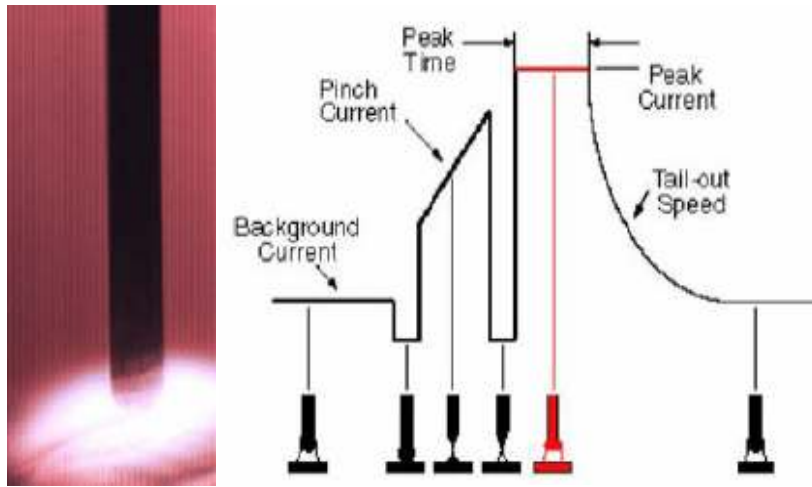


Figura No. 30. Corriente Pico (Peak), Lincoln Electric, (2011). p. 20

Descenso de la corriente de salida

Es la curva de descenso entre la corriente pico y la corriente base, para esta parte final del proceso se reduce la agitación del charco de fusión, esto permite controlar el aporte de calor al metal base, quedando las condiciones iniciales para que se repita el proceso, iniciando nuevamente por la corriente background, esta etapa final del proceso es representado en la figura 31

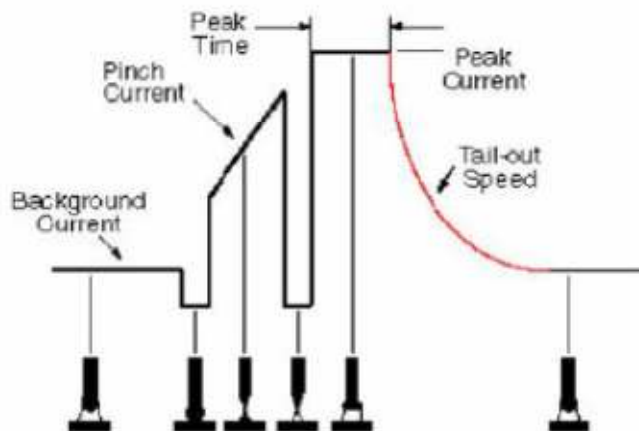


Figura No. 31. Tail Out, Lincoln Electric, (2011). p. 20

Los parámetros que se deben controlar en el Proceso STT II son los siguientes:

- Velocidad de Alimentación del Alambre: Define la tasa de deposición en el pase de raíz.
- Corriente Base (Background Current): Es el ajuste fino del aporte de calor a la junta.
- Corriente Pico (Peak Current): Determina la longitud del arco.
- Descenso de la corriente Tail Out: Es el ajuste grueso del calor aportado.
- Arranque en Caliente (Hot Star): Es el aporte de calor necesario al inicio del arco. (RICHARD BOYACA, 2011, p. 5)

En la tabla 7 se encuentra una comparación de los tiempos y consumos empleados entre los métodos STT y Electrodo revestido, en este cuadro se observa que la cantidad de alambre utilizado en el proceso de soldadura STT es menor que el utilizado en el método con Electrodo revestido, de igual forma el tiempo de arco del pase raíz y pase en caliente empleado en la realización de las 48.969 juntas, es menor en el proceso STT en más del 50%, del empleado en el proceso de Electrodo revestido.

DUCTO					Elect. Revestido		STT		
Trecho	∅	Pared	Km	Nº Juntas	Electrodo (Kg)	Tiempo Arco (Hr)	Alambre (Kg)	Tiempo Arco (Hr)	Gás (Kg)
1 a 3	40	TODAS	69	5,488	5,653	2,215	2,091	1,045	1,377
4 a 14	38	TODAS	544	43,481	42,872	16,669	15,740	7,863	10,369
TOTAL			613	48,969	<u>48.525</u>	<u>18.884</u>	17,831	8,908	11,746.04

Tabla No. 7. Comparación de Tiempo y Consumos para pase Raíz y para Pase en Caliente. Lincoln Electric, (2011). p. 25

En forma similar la tabla 8 establece una comparación de los tiempos y consumos entre los métodos STT y SMAW, se logra evidenciar que para todos los pases los consumos en kilos son menores en el proceso STT en cerca del 30%, que los utilizados en el proceso SMAW. También para el tiempo utilizado el proceso STT muestra un desempeño mejor con cerca de un 38% menor que el mostrado por el proceso SMAW.

Pase	Proceso	Consumible Req/Obra (Kg)	Tempo Arco Abierto/hs	Factde Operacion	Tiempo Total/Obra (horas)	Pase	Proceso
raiz/hot	ER	48,525	18,883.7	70%	31,697.67	root/ hot	ER
raiz	STT	17,831	8,907	80%	12,025.01	raiz	STT
Fill/cap	ER	310,095	83,462	50%	166,924.29	Fill/cap	ER
Fill/cap	NR207XP	235,068	71,329	65%	109,736.74	Fill/cap	NR207XP
TotalER		358,620	102,345.87		198,621.97	Total	
Total STT+Inner -30%		252,899	80,236.30		-38% 121,761.76	Total	

Tabla No. 8. Comparación de Consumos y Tiempos STT + NR Vs SMAW Electrodo. Lincoln Electric, (2011). p. 26

De acuerdo a Boyaca (2011, p. 53), las siguientes características han llevado a la aceptación en la industria de las soldaduras, del proceso STT:

- ✓ Se aplica para todo grado de tubo API, es LH
- ✓ Elimina pase Caliente, dos soldadores + dos ayudantes.
- ✓ Permite pasar a llenar con procesos más Rápidos NR/SAW
- ✓ Permite retirar acoplador antes.
- ✓ Deposita tres veces más que SMAW. Raíz 5-6mm
- ✓ Elimina esmerilar a raíz. Riesgo y Costo
- ✓ Elimina riesgo de inclusión de escoria
- ✓ Elimina humos y salpicaduras
- ✓ Ayuda en Juntas abiertas de más, y High Low.
- ✓ Un solo diámetro de alambre para varias medidas de junta.
- ✓ Usa solo 100% CO₂, sobre acero al Carbono

- ✓ Permite usar alambres de diámetro mayor y Menor Costo
- ✓ Minimiza múltiples Inicios y Paradas (Riesgo/Defectos)
- ✓ No tiene desperdicio en colillas ni escoria.
- ✓ Mejor manipuleo del arco, por no tener escoria.
- ✓ Ajuste de Corriente y Alimentación de alambre independientes
- ✓ Alta eficiencia eléctrica solo precisa de 12KVA/Hora
- ✓ Equipo más liviano, solo 28Kg
- ✓ Bajo consumo de alambre 0.102Lb/pie lineal.

6.4. COMPARATIVO ENTRE SOLDADURA MANUAL (SMAW) Y AUTOMÁTICA (GMAW)

Existen diversos métodos y tipos de soldadura que actualmente se utilizan en los procesos industriales y sobre todo en la construcción de oleoductos, poliductos y gasoductos. En estos procesos se elige y se utilizan los métodos que mejor productividad en tiempo y costo sean requeridos por cada proyecto.

La tabla 9 muestra la clasificación de soldadura por arco.

SOLDADURA POR ARCO (ARC WELDING – AW)

Soldadura con hidrógeno atómico	AHW
Soldadura de arco con electrodo desnudo	BMAW
Soldadura de arco con electrodo de carbón	CAW
Soldadura de arco con electrodo de carbón y gas	CAW-G
Soldadura por arco con electrodo de carbón protegido	CAW-S
Soldadura por arco con electrodos gemelos de carbón	CAW-T
Soldadura por electro-gas	EGW
Soldadura por arco con electrodo tubular	FCAW
Soldadura por arco metálico protegido con gas	GMAW
Soldadura por arco metálico pulsado protegido con gas	GMAW-P
Soldadura de arco metálico en corto circuito protegido con gas	GMAW-S
Soldadura por arco de tungsteno protegido con gas	GTAW
Soldadura por arco pulsado de tungsteno protegido con gas	GTAW-P
Soldadura por arco de plasma	PAW
Soldadura por arco metálico protegido con electrodo recubierto	SMAW
Soldadura de pernos por arco eléctrico	SW
Soldadura por arco sumergido	SAW
Soldadura por arco sumergido en serie	SAW-S

Tabla No. 9. Clasificación de la soldadura por arco. Lincoln Electric, (2011). p. 26

La figura 32 presenta una maquina orbital en funcionamiento, realizando un pase de raíz y en un movimiento ascendente.



Figura No. 32. Máquina orbital sencilla, SICIM Colombia, presentación OBC, (2011). p. 7

Comparación entre Soldadura Manual y Sistema de Soldadura Automática en la construcción de líneas.

Los sistemas de soldadura automatizada, proporcionan principalmente las siguientes ventajas de producción y ventajas económicas:

Ventajas de producción:

Tomando como referencia el procedimiento estándar de SMAW con electrodos revestidos, se pueden hacer las comparaciones entre las operaciones realizadas con los electrodos SMAW y GMAW, estas se pueden visualizar en la tabla 10.

	SMAW	AUT.GMAW	DIFF.
Velocidad de soldadura:	25 cm/1'	75 cm/1'	+ 200%
Tarifa hora:	1.8 Kg/h	3.75 Kg/h	+150%
Cantidad ejecución: (16.1 mm) W.T.	10	6	-40%

Tabla No. 10. Operaciones con electrodos revestidos. SICIM Colombia, presentación OBC (2011). p. 8.

Ventajas Económicas

Estas ventajas dependen directamente del espesor y del diámetro de la tubería a soldar. (SICIM Colombia, presentación OBC, 2011. p. 9)

Ventajas Económicas Directas

- Incremento de la producción
- Menos personal especializado
- Baja calificación de operadores
- Reducción del costo por personal especializado
- Reducción del número de ayudantes
- Reducción de soldadores
- Reducción general de consumibles
- Disminución de consumibles de soldadura
- Disminución de costo de consumibles

Ventajas Económicas Indirectas

- La empresa se muestra como un líder en tecnología
- Garantía en la calidad de las juntas soldadas
- Disminución de los costos por reparación de juntas
- Reducción del equipo y personal en general

Ventajas técnicas / calidad

Operación:

- Control y registro automático de los parámetros para cada posición de la antorcha en cada pase y todos los pases que se hizo
- Fácil manejo del arco por control remoto

- No es necesario pulir al primer pase ni los pases siguientes
- Facilita el trabajo
- Fácil mantenimiento y chequeo de los parámetros utilizados en las juntas

Calidad:

- Calidad constante en las juntas gracias al control automático y el almacenamiento de los parámetros
- Mejor calidad en los resultados de las pruebas no destructivas (visual, rayos X, UT) con una tasa más baja de reparación
- Buenos resultados en los ensayos no destructivos para el procedimiento y la producción:
 - Bajos valores de dureza - Max 240 HV 10
 - Alta resistencia a los impactos Av. 100 J
 - Altos valores de CTOD - Av. 0,8 mm.
 - No hay riesgo de romperse debido al bajo contenido de hidrógeno en la ZTA y ZF

Las propiedades de dureza en la evaluación de soldaduras en términos de ensayos de impacto Kv y pruebas CTOD en metal depositado, se pueden ver en la tabla 11.

	SMAW	GMAW
En términos de KV impacto	45-50 J at -10° C	90-100 J(W.M.) at -10° C
En término de CTOD	0.15-0.20mm at -10° C	0.60-0.80 mm(W.M.) at - 10° C

Tabla No. 11. Propiedades de dureza evaluadas en las soldaduras. SICIM Colombia, presentación OBC (2011). p. 12.

En la pruebas de dureza realizadas, se obtienen más altos valores sin tener en cuenta el grado de tubos de acero y la composición química, simplemente seleccionando uno de carbono-manganeso, alambre de aportación compatible con las propiedades de tubería y el establecimiento de un procedimiento adecuado. (SICIM Colombia, presentación OBC, 2011. p. 12)



Figura No. 33. Arco de soldadura en máquina orbital, SICIM Colombia, presentación OBC, (2011). p. 12

Fragilidad del haz de hidrogeno y posibles defectos de agrietamiento del pase raíz

Clase de electrodos celulósicos E6010, E8010-G, E9010-G, de alta calidad, (manual welding), hacen:

15-20 ml/100 grs (a)

Alta calidad C-Mn de alambre, asociados con el uso de gas seco de protección:

2-5 ml/100 grs (b)

La soldadura basada en el proceso de arco metálico con gas, en todo caso, asegura el valor más bajo de hidrógeno en el metal de soldadura depositado y por esta razón minimiza los riesgos de agrietamiento por hidrógeno en las soldaduras circunferenciales de alta tracción. (SICIM Colombia, presentación OBC, 2011. p. 13).

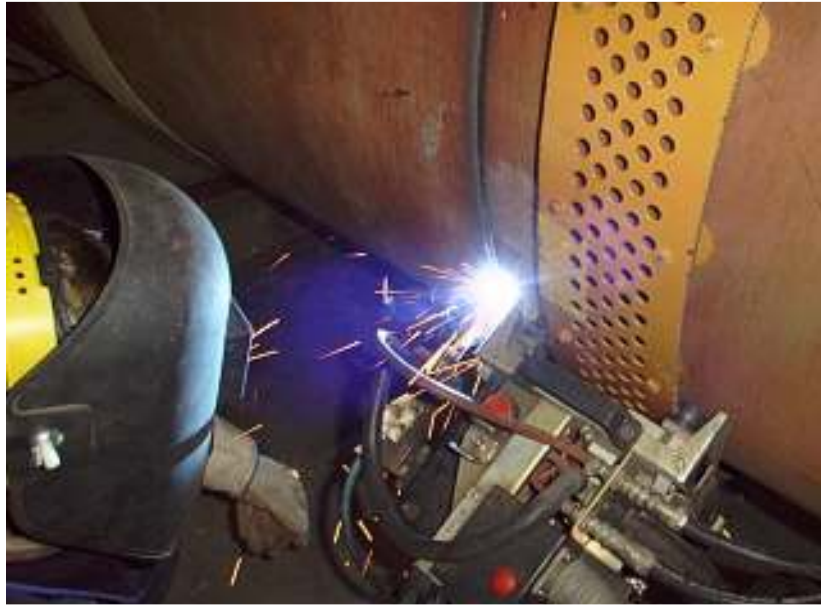


Figura No. 34. Movimiento descendente de la máquina orbital, SICIM Colombia, presentación OBC, (2011). p. 13

Porcentaje de defectos que requieran reparación

A continuación se mencionan factores de reparación que se evitan con la soldadura automática:

- La habilidad del operador de soldadura no está condicionada por el cansancio físico, ya que no tiene que sostener ningún peso.
- La calidad de los consumibles no se ve afectada por las condiciones externas, es decir: es mucho más fácil de almacenar el cable correctamente que los electrodos.
- El grosor de la pared del pase de la raíz es aproximadamente el doble del manual, está cerca de 5-5,5 mm. en condiciones normales.
- Es posible compensar hasta 3 mm. de bajo- alto entre los extremos de la tubería colindante, sin generar la falta de fusión lateral en la raíz. (SICIM Colombia, presentación OBC, 2011. p. 14)



Figura No. 35. Movimiento ascendente de la maquina orbital, SICIM Colombia, presentación OBC, (2011). p. 14

La figura 35 muestra una máquina orbital automática realizando un movimiento ascendente al realizar el cordón de soldadura, este movimiento es seguido por el operario quien verifica el normal funcionamiento del proceso de soldadura.

7. CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE TRANSPORTE CON PROCESOS DE SOLDADURA

Cuando se determinan los métodos para el transporte adecuado de un producto, se deben considerar factores económicos, ambientales y de seguridad. Los oleoductos son generalmente los medios más seguros y económicos para transportar gas, petróleo y productos refinados. Como medio de comparación, por cada dólar que cuesta transportar petróleo por otros métodos como trenes, camiones y tanqueros, cuesta solamente algunos centavos de dólar transportarlo por oleoducto.

Adicionalmente, las tuberías tienen en records de seguridad los índices más bajos de fatalidad entre los sistemas de transporte de hidrocarburos. La planificación cuidadosa de la construcción de un oleoducto puede evitar o minimizar los asuntos ambientales ver figura 36. (IPL TECHNOLOGY, 1995, p. 25).



Figura No. 36. Cruce del oleoducto por debajo de un rio (posible impacto ambiental). IPL TECHNOLOGY, pdf (1995). p. 55

Una vez que se selecciona el oleoducto como el método preferido de transporte, la visión se hace conocida. La planificación sin embargo no es tan simple como dibujar una línea desde donde se fabrica el producto hasta donde es consumido.

Involucra el que las organizaciones lleven a cabo el análisis cuidadoso de todos los análisis del proyecto propuesto. Este trabajo conduce a un plan detallado del proyecto. La construcción puede entonces llevarse a cabo. Los tópicos cubiertos incluyen:

- La planificación y diseño del oleoducto, incluyendo las consideraciones y regulaciones ambientales ver figura 37:
 - ✓ Preparación de la construcción
 - ✓ Movilización de personal, equipos y materiales
 - ✓ Construcción del oleoducto y
 - ✓ Asuntos especiales de la construcción.



Figura No. 37. Cruce Trazado y adecuación del terreno para la construcción. IPL TECHNOLOGY, pdf, (1995). p. 47

El personal para la construcción del oleoducto puede ser dividido en administrativo y mano de obra calificada. Todo este personal juega un rol importante en la operación efectiva y eficiente de la construcción del proyecto de oleoductos. Esta sección describe brevemente los roles del personal clave en el proyecto. (IPL TECHNOLOGY, 1995, p 18).

El equipo planificador comúnmente está compuesto de ingenieros, agentes de tierra, agrimensores, analistas de suelo, ambientalistas y expertos legales y financieros. Ellos aseguran que la ruta seleccionada para el oleoducto es la que

mejor minimiza los costos de las técnicas de construcción, los problemas legales y ambientales y los problemas de puesta en marcha.

La efectividad del personal administrativo se complementa con la habilidad del personal de mano de obra calificada y otros trabajadores que instalan los tubos, realizan servicios y operan las maquinarias. Estos otros trabajadores incluyen:

Choferes de camiones: transportan los tubos al sitio de construcción. Sus habilidades aseguran que los tubos lleguen al sitio a tiempo y en buenas condiciones.

Operadores de equipos pesados: trabajan en gran variedad de trabajos esenciales durante la construcción del proyecto. Por ejemplo, algunos operadores de equipos pesados realizan la limpieza de las vías, mientras que otros limpian zanjas y nivelan las secciones del derecho de paso.

Mecánicos: reparan los equipos y aseguran que estén en buenas condiciones de operación.

Piezas/Personal de almacén: aseguran que las piezas y herramientas apropiadas estén disponibles para el personal de construcción (el personal de almacén puede pertenecer a la empresa que gerencia el proyecto ó puede ser contratado).

Soldadores: sueldan el oleoducto, son esenciales para garantizar que el oleoducto tenga una larga vida útil y libre de problemas.

Estos soldadores deben estar calificados y certificados en la labor que realizan por todas las normas y además deberán cumplir con todos los estándares en la construcción de líneas para el transporte de hidrocarburos, cuando se utilizan máquinas orbitales, los soldadores cumplen un papel muy importante en toda la logística de preparar y adecuar la tubería para ser soldada por las máquinas, como se puede ver en la figura 38.



Figura No. 38. Soldadores instalando las máquinas orbitales y preparando la tubería para ser soldada, Oleoducto Bicentenario, (2012).

Inspectores: inspeccionan todos los aspectos de la construcción del proyecto para asegurar que los estándares de calidad sean cumplidos.

Las limpiezas y nivelaciones deben cumplir ciertos estándares; un inspector se asegura de que estos estándares sean cumplidos. Los inspectores de soldaduras chequean que las mismas estén libres de defectos. Los inspectores pueden pertenecer al personal de la empresa o a consultoras independientes. (IPL TECHNOLOGY, 1995, p. 19).

Obreros: realizan las tareas comunes del proyecto de construcción. Como ejemplo, ellos pueden barrer y acumular basura o rellenar la zanja de tal forma que la tubería ya revestida no se dañe.

Subcontratistas: pueden ó no ser utilizados en un proyecto de construcción de oleoducto. Como ejemplo, algunas veces el contratista del oleoducto emplea y realiza el trabajo directamente.

Los subcontratistas a veces son empleados para problemas complejos de construcción, tales como operaciones de perforación bajo una autopista ó riel ó para distintas operaciones en el oleoducto tales como limpieza, nivelación, aperturas de zanjas, soldaduras, tendido de tuberías, empalmes y rellenos.

7.1 EQUIPOS UTILIZADOS

La selección adecuada de equipos es necesaria para que el proyecto de construcción proceda a tiempo y dentro del presupuesto establecido. Distintos tipos de equipos serán requeridos durante las distintas fases de construcción. Los tipos más comunes de equipos utilizados en esta fase incluyen:

- Bulldozers
- Camiones
- Tendedores de tuberías (grúas)
- Zanjadoras de rueda
- Retroexcavadora
- Máquinas para doblar tuberías
- Perforadoras
- Máquinas para soldadura y
- Máquinas para limpieza y relleno.

Los Bulldozers son extremadamente confiables y versátiles, con ellos se maneja la mayor parte de las nivelaciones y las limpiezas del derecho de vía. Algunas veces los Bulldozers están equipados con piezas especiales llamadas rompedores de camino los cuales rompen terrenos rocosos o congelados ver figura 39.

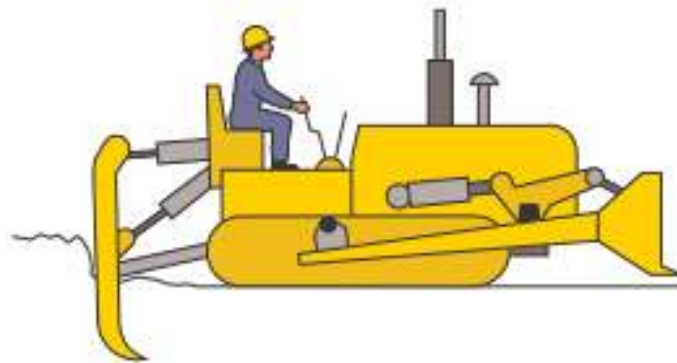


Figura No. 39. Equipo Bulldozer. IPL TECHNOLOGY, pdf, (1995). p. 20

Los tubos son transportados hasta el derecho de paso por una empresa de camiones. Estas empresas usualmente se especializan en el transporte de equipos pesados y están familiarizadas con las regulaciones Gubernamentales aplicables a la industria del transporte en camiones.

Las grúas tendedoras de tuberías son generalmente utilizadas para descargar o colocar los tubos en las zanjas. Una grúa tendedora de tuberías es un equipo pesado especial diseñado para mover tubos pesados. La grúa tendedora de tuberías es esencialmente una grúa de montaje lateral, con una contrapesa en el otro lado para mantener la unidad balanceada cuando está levantando tubos. Ver figura 40.

Esta grúa tiene llantas de oruga en vez de ruedas y algunas veces es llamada tractor de orugas. Esta grúa permite, al operador mover los tubos sobre la mayoría de los terrenos sin que los mismos se queden atrapados.



Figura No. 40. Equipo grúas de montaje lateral (tendido de la tubería). IPL TECHNOLOGY, pdf, (1995). p. 21

La zanjadora como la mostrada en la figura 41 es utilizada en operaciones convencionales de abrir zanjas. La zanjadora está compuesta de un conjunto de palas dentadas rotatorias que extraen la tierra de la zanja y la llevan a una correa transportadora ubicada lateralmente a la misma.



Figura No. 41. Zanjadora abriendo el terreno para el tendido de la tubería. IPL TECHNOLOGY, pdf (1995), p 35

Las retroexcavadoras son utilizadas para trabajos especiales de excavación cuando en el terreno del derecho de paso hay enterrados cables de servicios, tuberías o drenajes. Las retroexcavadoras también son utilizadas en problemas especiales de construcción como la excavación de una zanja a través de un arrollo o trabajando en áreas rocosas. (IPL TECHNOLOGY, 1995, p. 22).

Las máquinas hidráulicas para doblar tubos están montadas en llantas de oruga. Estas máquinas doblan los tubos para ajustarlos a los contornos de la zanja ver figura 42.



Figura No. 42. Máquina para doblar la tubería. IPL TECHNOLOGY, pdf, (1995). p. 38

Las máquinas de perforación horizontal son utilizadas en problemas especiales de Construcción (ver figura 43) como en cruces acuáticos ó de autopistas. Estas máquinas perforan un hueco donde se coloca la tubería por debajo del cruce acuático ó autopista.

Las máquinas para soldar son utilizadas para unir las tuberías. Hay dos métodos de soldadura: manual y automática. Materiales como tubos, válvulas, revestimientos y piezas para los equipos deben ser comprados antes de que el proyecto del oleoducto comience.



Figura No. 43. Máquina de perforación horizontal (cruce subfluvial). IPL TECHNOLOGY, pdf, (1995). p. 23

El equipo planificador coordinará el suministro, inspección y adquisición de los tubos con el fabricante. La empresa de oleoductos debe asegurar que los materiales sean comprados en cantidades adecuadas para satisfacer la demanda del proyecto. A lo largo del derecho de vía, deben establecerse sitios para el almacenamiento de materiales esenciales a fin de satisfacer las necesidades de cada fase de construcción.

EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN

El proyecto de construcción de oleoductos es llamado con frecuencia el equipo de construcción (spread). El equipo de construcción consiste de la cuadrilla y los equipos requeridos para construir un oleoducto sin incluir, la etapa de puesta en marcha del oleoducto. El número de personas en el equipo de construcción depende del cronograma de construcción, del terreno y de los problemas especiales de construcción como por ejemplo cruces de agua. (IPL TECHNOLOGY, 1995, p. 27).

El equipo de construcción puede consistir de más de cien distintas piezas de maquinaria pesada y más de quinientos trabajadores. El equipo de construcción puede manejar cada etapa de la construcción o parte del trabajo puede ser otorgado a contratistas. El equipo de construcción puede estar esparcido por millas a lo largo de la ruta del oleoducto. En esencia el equipo de construcción es una línea de ensamblaje compleja.

7.2 LOGÍSTICA EN LA CONSTRUCCIÓN

Personal, materiales y equipos deben desplazarse hasta el sitio de construcción. Se debe alimentar al personal, hospedarlo y cancelarle sus salarios. También los equipos deben tener un mantenimiento adecuado con suficientes repuestos en caso de daños. El material debe estar disponible y satisfacer las necesidades de las distintas fases de construcción. Por ejemplo, las unidades fabricadas como conexiones de control de flujo deben ser traídas al área donde se construye el oleoducto que las requiere. Es esencial la planificación y comunicación adecuada entre la empresa constructora del oleoducto, los contratistas, proveedores y la cuadrilla del contratista.

Los tubos como los presentados en la figura 44, se adquieren de uno ó varios fabricantes en cantidades suficientes. La empresa constructora del oleoducto se asegura de que los tubos lleguen al punto de distribución desde donde serán transportados por camiones hasta el sitio donde opera la cuadrilla.



Figura No. 44. Camión transportando tubos desde el puerto (tubería importada), Oleoducto Bicentenario, (2012).

El tendido de tuberías es la colocación de los tubos a lo largo del derecho de paso, de tal forma que quede lista para las operaciones de doblado. Por ejemplo, espesores y grados especiales de tubos pueden ser requeridos para los cruces de vías. También deben considerarse cantidades extras de tubos para los distintos tipos de empalmes. Coordinación y tiempo son críticos en el éxito de la construcción de un oleoducto.

Diferentes tipos de maquinarias pesadas deben estar presentes y se les debe realizar el mantenimiento adecuado durante cada fase de la operación. Un suministro adecuado de repuestos y lubricantes es necesario para asegurar el buen mantenimiento de los equipos. Factores tales como terreno, tipo de suelo e instalaciones bajo tierra, influyen la selección de la maquinaria pesada. (IPL TECHNOLOGY, 1995, p. 28).

La soldadura es una operación crítica en la construcción de un oleoducto debido a que el proceso de soldadura regula la rapidez con que puede avanzar el proceso

de construcción. Todo el material requerido, equipos y personal deben ser coordinados para alcanzar la mejor eficiencia.

El descenso de la tubería y el relleno son procesos que requieren cuidado especial debido a que los tubos pueden ser fácilmente dañados. Para asegurar que el descenso se realice correctamente es necesaria la preparación, el personal y los equipos suficientes.

7.3 EMPRESAS ESPECIALIZADAS EN SOLDADURA AUTOMÁTICA

Dyna Torque es una compañía internacional con un completo portafolio de servicios de soldadura que planifica, gestiona y ofrece soluciones totalmente integradas de soldadura automática para la industria del petróleo, gas y tuberías de agua. La figura 45 enseña algunos productos de esta empresa.



FIGURA

Figura No. 45. DYNA TORQUE, (2012). p. 3

El sistema Dyna Torque LoneStar para soldadura automatizada introducido en 2003 es un avanzado sistema automatizado de soldadura orbital para tubería destinado a modernizar las técnicas tradicionales de soldadura y procesos mediante la integración de lo último en desarrollo de software y tecnologías de microprocesador en combinación con el diseño de dispositivos innovadores para

ofrecer una solución completa de la soldadura digital. (LINCOLN ELECTRIC, Sistemas de Automatización en Procesos de Soldadura, Presentación, 2011. p. 3)

La figura 46 muestra los diferentes pases en una soldadura terminada.

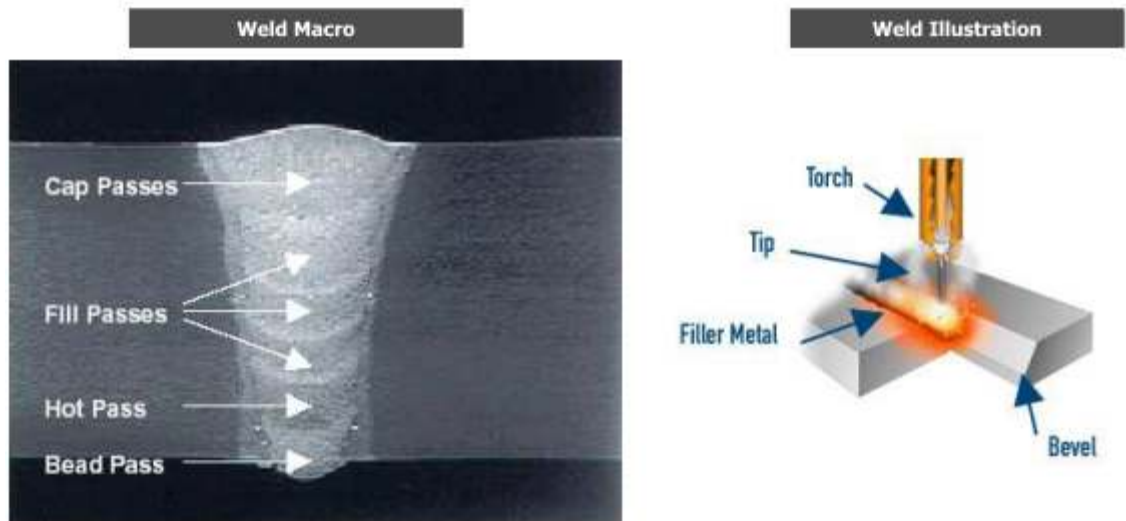


Figura No. 46. Ilustración de la macro gráfica del cordón de soldadura finalizado. LINCOLN ELECTRIC: Sistemas de Automatización en Procesos de Soldadura, Presentación, (2011). p. 4

7.4 SISTEMAS DE SOLDADURA AUTOMATIZADOS

En sistemas de soldadura automatizados habitualmente se utilizan juntas en U, todo el proceso de soldadura se realiza con procesos GMAW o GMAWP y todos los pases se realizan de manera automática.

- El pase de raíz puede ser realizado utilizando un backing de cobre o mediante procesos específicos para realizar el pase de raíz como la tecnología STT.
- La velocidad de soldadura es mucho mayor que al emplear FCAW, en el pase de raíz de 4-5 veces más rápido, en los pases de relleno y presentación de 2-3 veces más rápido.
- No se requiere des-escoriar y es un proceso más limpio.

SISTEMAS DE SOLDADURA AUTOMATIZADOS CON CABEZAL DOBLE

Todo el proceso de soldadura se realiza con procesos GMAW o GMAW-P y todos los pases se realizan de manera automática.

Este sistema tiene dos sopletes de soldadura los cuales se realizan los trabajos simultáneamente, realizando 2 pases de soldaduras en un solo recorrido.

Dentro de sus ventajas se encuentra que se reduce la cantidad de equipo necesario incrementado la productividad y reduciendo los costos en general.

Ambos métodos (cabezal sencillo o dual) requieren una preparación precisa del bisel en J y el uso de un sistema de alineación automatizado.

VENTAJAS DEL SISTEMA AUTOMATIZADO

- Calidad de la soldadura más consistente a través de repetibilidad verificable.
- Control por microprocesador de todos los parámetros de soldadura reduciendo el número de reparaciones y los costos, eliminando virtualmente el riesgo de error humano en la operación del equipo.
- Reducción de la dependencia de los operadores con experiencia en soldadura
- Eliminación de la interferencia con los parámetros de soldadura de procedimiento.
- Registro en tiempo real de los parámetros de soldadura. (LINCOLN ELECTRIC, 2011. p. 7)

COMPONENTES DEL SISTEMA

- Sistema orbital de Soldadura de cabezal sencillo o de cabezal doble.
- Máquina para biselado automático de tubería (PFM).
- Unidad de potencia Hidráulica (Diesel o Eléctrica)
- Sistema de alineación de tubería. (Internal Line Up Clamp ILUC)

SISTEMA ORBITAL DE SOLDADURA DE CABEZAL SENCILLO (ver figura 47)

- Diámetro del tubería: 4 "(102mm) a infinito
- Velocidad de Avance: 0 "-200" (5m) / min
- Velocidad de Oscilación: 0 "-138" (350 cm) / min
- Movimiento Vertical: 2 "(51 mm) con motor

- Movimiento horizontal: 2" ~ (51 mm) con motor
- Angulo de movimiento del cabezal: 26 grados (13-0-13) motorizados
- Oscilación: de 0 a 1 seg
- Medida de la Posición: 360 grados con 0.1deg de precisión
- Peso 22 Lb.
- Temperatura de Operación -20°a 45°
- Dimensiones (LxAxH): 8" x 8,5" x 9"



Figura No. 47. Ilustración del sistema orbital de soldadura de cabezal sencillo. LINCOLN ELECTRIC, Presentación, (2011). p. 9

SISTEMA ORBITAL DE SOLDADURA DE CABEZAL DOBLE

- Diámetro de tubería: 6"(152mm) a infinito
- Velocidad de Avance: 0 "-200" (5m) / min
- Velocidad de Oscilación: 0 "-138" (350 cm) / min
- Movimiento Vertical: 2 "(51 mm) con motor
- Movimiento horizontal: 2" ~ (51 mm) con motor
- Angulo de movimiento del cabezal: 30 grados (15-0-15) manual
- Oscilación: 0 a 5seg
- Medida de la Posición: 360 grados con 0.1 grados de precisión
- Peso 22 Lb.
- Temperatura de Operación -20°a 45°
- Dimensiones (LxAxH): 8" x 9,5" x 10"

La figura 48, muestra una maquina orbital de cabezal doble, ésta en su funcionamiento primordial ofrece dos sopletes para su funcionamiento.



Figura No. 48. Ilustración del sistema orbital de soldadura de cabezal doble. LINCOLN ELECTRIC, Presentación, (2011). p. 10

7.5 OTRAS CARACTERISTICAS DEL SISTEMA ORBITAL DE SOLDADURA

CARACTERISTICAS DE CONTROL

- Multiprocesador RISC.
- Monitoreo y adquisición de datos en tiempo real.
- Control remoto colgante de fácil uso.
- Medición de la posición Absoluta.
- Control automático del Stick out.
- Control automático del arranque y la parada.
- Sistema de interfaz con la fuente y el alimentador

PARAMETROS DE OPERACIÓN

- Voltaje – Amperaje
- Velocidad de alimentación.
- Velocidad de avance del orbital.
- Velocidad de oscilación.
- Ancho de oscilación.
- Angulo de soldadura



Figura No. 49. Máquina para biselado automático de tubería (PFM). LINCOLN ELECTRIC, Presentación, (2011). p. 12

La Máquina para Biselar Tubería (PFM) de Dyna Torque como la enseñada en la figura 49, es una herramienta dinámica e integral para racionalizar la producción cuenta con el mayor rango de cobertura de diámetros que van desde 6" hasta 60" de diámetro externo. (LINCOLN ELECTRIC, 2011. p. 12)

La figura 50 muestra en forma de croquis, las maquinas para biselado en diferentes tamaños

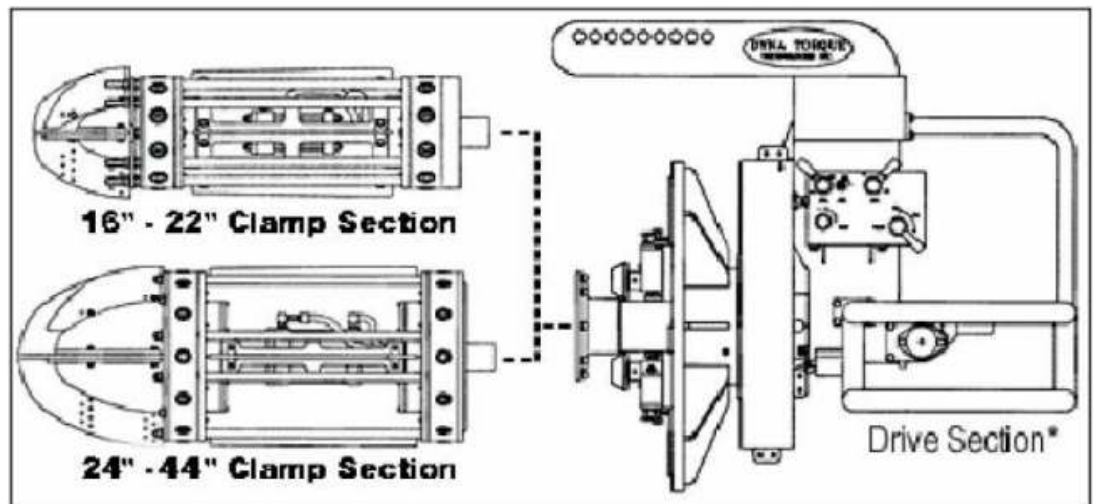


Figura No. 50. Máquina para biselado en diferentes tamaños. LINCOLN ELECTRIC, Presentación, (2011). p. 13

La máquina biseladora automática, permite tener gran productividad y garantizar total calidad en la uniformidad del biselado en los tubos. Esto la convierte en una herramienta de mucha utilidad en los proyectos de construcción de oleoductos. Esta máquina se visualiza en su aspecto normal en la figura 51.



Figura No. 51. Ilustración de la máquina automática para biselar vista lateral. LINCOLN ELECTRIC, Presentación, (2011). p. 14

Sistema de alineación de tubería. (Internal line up clamp iluc)

- Disponible en tamaños de 6 "60"
- Abrazaderas de 12" - 60" cubren 2 diámetros de tubería con el uso de equipos de conversión.
- Abrazaderas estándar se pueden ajustar hasta un espesor de pared de 0.500, disponible para tubos de espesores mayores.
- Sistema de tracción disponible en los modelos de 12 "-60"
- Para un funcionamiento eficiente, la presión del aire comprimido debe ser 180 a 200 PSI. (12,4 a 13,8 bares).
- Máxima presión de trabajo segura es de 225 PSI (15.5 bar). (LINCOLN ELECTRIC, 2011. p. 17)

Se puede observar en la figura 52, el dispositivo utilizado para la alineación de la tubería, éste al igual que la maquina biseladora, son de vital importancia en los procesos de soldadura automatizada.



Figura No. 52. Dispositivo para la alineación de la tubería. LINCOLN ELECTRIC, Presentación, (2011). p. 17

En la figura 53 se puede observar el esquema de como se realiza el proceso completo en la construcción de un sistema de transporte de hidrocarburos.

- (1) en primer lugar se inicia con el tendido de la tubería sobre el derecho de vía, allí se debe haber realizado el zanjado que albergará la tubería una vez esta quede soldada.
- (2) Luego se ubica la tubería sobre un sistema de abrazaderas que sostienen la tubería y se le realiza el proceso de biselado a cada tubo.
- (3) se procede a la alineación de los tubos y se inicia la realización de un pase de raíz que asegura la tubería, seguido de un pase en caliente.
- (4) posteriormente la tubería pasa a la estación de relleno, aquí se hacen los pases que le darán la firmeza y consistencia a la soldadura entre los dos tubos.
- (5) En esta fase del proceso se realizan las capas finales de soldadura conocidas como pases de presentación, finalizando así el trabajo de soldadura en la tubería.
- (6) Aquí la soldadura realizada queda lista para realizar la pruebas no destructivas, las cuales al final entregaran el resultado de haber hecho bien o no el trabajo en las uniones.

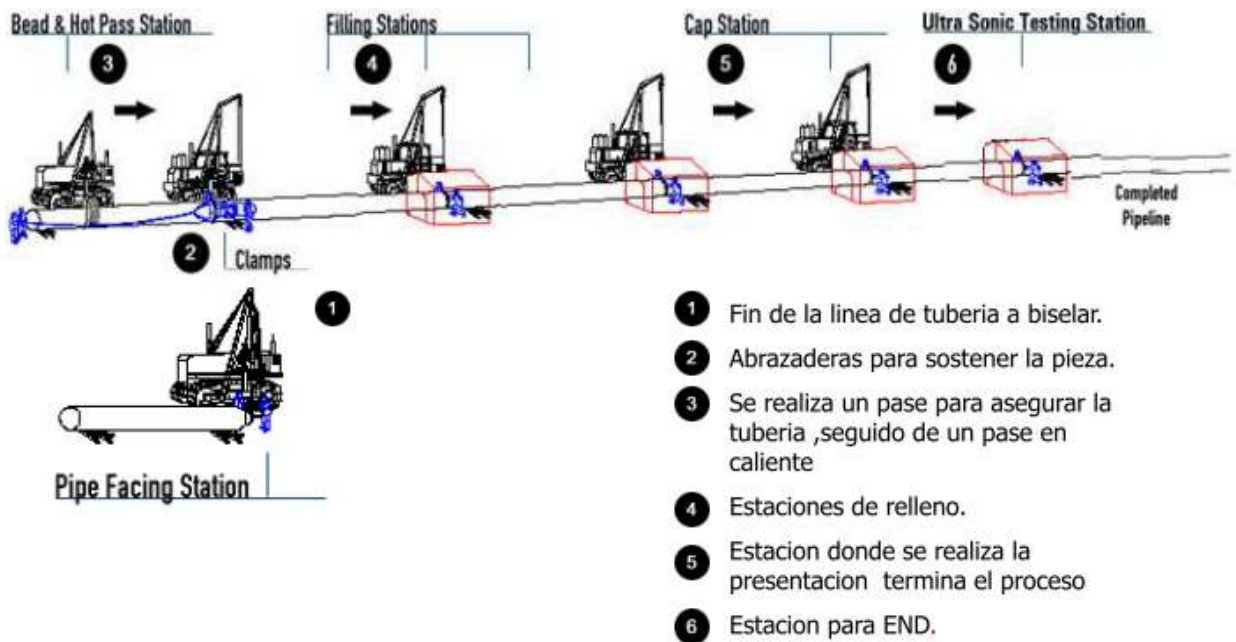


Figura No. 53. Proceso esquemático de construcción de líneas con tubería, LINCOLN ELECTRIC, (2011). p. 18

8. IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESO DE SOLDADURA AUTOMÁTICO EN COLOMBIA

Desde hace varios años Colombia ha estado pasando por una etapa de crecimiento en su producción petrolera, pero en especial el comportamiento de los últimos dos años ha generado que se deba optimizar la infraestructura actualmente instalada en el país, pero esto no ha sido suficiente ya que el incremento en la producción de los nuevos campos petroleros ha requerido que se emprendan nuevos proyectos de construcción de sistemas de oleoductos, los cuales transportaran estos volúmenes que buscan ubicar al país en uno de los más productores de Latinoamérica en los próximos años.

Algunos de estos nuevos proyectos están actualmente en plena construcción en el área de los llanos orientales, como lo son: la línea San Fernando el cual optimizará la evacuación del crudo Castilla de los campos Apiay y Chichimene, de igual forma avanza el Oleoducto Bicentenario (OBC), el cual inicio labores en los llanos orientales (Casanare) y se conectará al Oleoducto Caño limón Coveñas en el departamento de Arauca. La figura 54 muestra la preparación de la tubería de uno de estos proyectos.



Figura No. 54. Preparación de la tubería para ser soldada automáticamente, Oleoducto Bicentenario, (2011). p. 3

En ambos proyectos se está utilizando para la construcción de los oleoductos de 30" y 42" respectivamente, uno de los métodos vistos anteriormente como lo es la técnica MIG / STT usada por la firma SICIM Colombia sucursal de SICIM S. p. a. y con el apoyo de Lincoln Electric en la construcción del Oleoducto Bicentenario (OBC).

El Oleoducto Araguaey – Banadía tiene una longitud de 229.3 kilómetros, conecta la Estación Araguaey con la Estación Banadía, por medio de una tubería de acero de 42 pulgadas de diámetro y con 0.688 pulgadas de espesor de pared. El trazado del Oleoducto Araguaey – Banadía cruza los municipios de Yopal, Nunchía, Pore, Paz de Ariporo y Hato Corozal, en el Departamento de Casanare y Tame y Fortul en el departamento de Arauca.

La Estación Araguaey tendrá una capacidad de almacenamiento operativo de 800 KBIs.

La Estación Banadía tendrá una capacidad de almacenamiento operativo de 150 KBIs. y tendrá conexión al Sistema CLC (Caño Limón Coveñas) para entregar hasta 120 KBPDC. (Oleoducto Bicentenario, pagina web).

El proyecto estaba avanzando rápidamente, ya que se realizaban aproximadamente 150 pegos o uniones por día en tubos de 42" y con una longitud de 12 m cada uno, esto proyectaba una construcción de tendido de tubería en 850 m por día aproximadamente, pero debido a inconvenientes presentados con las comunidades del área de influencia del proyecto, el proyecto se paró en su construcción mientras se negocia con los líderes comunales acerca de la mano de obra utilizada en el proyecto.

Las máquinas orbitales que están siendo utilizadas requieren de mano de obra calificada para que puedan ser operadas en forma normal y eficiente, para ello, la firma encargada de la construcción estuvo realizando previamente una serie de capacitaciones al personal calificado de la región (40 personas), con el fin de darle la oportunidad de trabajo y de ingresos a las comunidades de 8 municipios aledaños a la construcción.

Se puede observar en la figura 55 como se realiza el montaje de la maquina orbital automática en la tubería de 42" del Oleoducto Bicentenario.



Figura No. 55. Montaje de la máquina orbital sobre la tubería que será soldada, Oleoducto Bicentenario, (2011).

Con relación al manejo con las comunidades se les ha explicado las ventajas de la soldadura automática, ya que evita la utilización de rayos gama y no exponiendo a las personas a esta actividad, lo cual mejora los aspectos que se enmarcan con la salud ocupacional, de igual forma hay una disminución en el impacto ambiental y todo lo relacionado con el rendimiento y la calidad que este método representa para el proyecto.

De igual forma también se han requerido soldadores que realicen actividades de soldadura manuales, para el desempeño de otras actividades relacionadas con la construcción de oleoductos y que no pueden ser realizadas por las maquinas orbitales.

Para la realización de este proyecto, el Oleoducto Bicentenario realizó todo un estudio en un proceso competitivo con varias firmas internacionales, quienes ofertaron diversos tipos de maquinas y métodos que podrían ser usados en el proyecto, al final se seleccionó la que mejor propuesta en cuanto a experiencia, rendimiento, calidad, manejo ambiental y otros aspectos relacionados con la economía, ofrecía para desarrollar el proyecto de construcción.

9. CONCLUSIONES

Se realizó una recopilación de información detallada de tres diferentes tipos de maquinas orbitales existentes en el mercado y las cuales han tenido aplicación en diferentes proyectos en la construcción de oleoductos y gasoductos, ellas entregaron datos sobre, cómo fue su construcción, funcionamiento, problemas y diferentes aspectos económicos de las mismas.

Una vez obtenida la información y posteriormente analizada, se encontró que hay diferentes tipos y principios de operación de las maquinas orbitales, las cuales deben estar siempre construidas con el objeto de cumplir todos los estándares y normas, relacionados con la soldadura y en especial con la gran responsabilidad e integridad que se deben manejar en los oleoductos, poliductos y gasoductos del mundo.

Pudo evidenciarse que el avance vertiginoso de la tecnología no se queda atrás en la optimización continua de las maquinas orbitales de soldadura, en el periodo transcurrido en la realización de este trabajo, se logran observar los procesos evolutivos y sistematizados de ellas.

De acuerdo a los análisis realizados se lo logró identificar la tecnología optima para el proceso automático de soldaduras con maquinas orbitales, como la presentada por la Transferencia por Tensión Superficial TTS ó STT, en donde se evidencian diferentes aspectos como productividad, economía, calidad e integridad del producto final.

El proyecto actual en construcción en Colombia, se había anunciado en la elaboración del anteproyecto, este sistema es el Oleoducto Bicentenario el cual en su primera etapa, construirá un trayecto aproximado de 100 Km en un diámetro de 42” y afortunadamente allí se están utilizando maquinas orbitales de alta tecnología y con el método TTS.

Se logró asistir al área de construcción del oleoducto Bicentenario en donde se está utilizando la maquina orbital, en donde se pudo evidenciar que la productividad de 4 máquinas orbitales, utilizando la técnica STT y realizando las juntas o uniones en un diámetro de 42”, presenta un avance de construcción en el proyecto de 145 a 160 pegas por día, teniendo en cuenta que para tubos con un longitud estándar de 12 m c/u, el avance en la fabricación del oleoducto está entre 850 y 950 m, diariamente.

Es posible que con la implementación de esta tecnología en el actual proyecto en construcción en Colombia, se logre que los futuros proyectos como los oleoductos, poliductos y gasoductos, obtén por utilizar estas herramientas, en las cuales se evidencia claramente que son muy buena opción en todos los aspectos para mejorar segura y prontamente, la construcción y puesta en funcionamiento de los sistemas para el transporte de hidrocarburos en el país.

Sin embargo todo lo anterior esta en cierta forma condicionado a cada proyecto específico, al tiempo en que se espera tener el sistema construido, a la inversión del mismo y a la situación social que afronte por cada una de las localidades y poblaciones por el cual el proyecto cruce.

10. ABREVIATURAS

ANSI: American National Standards Institute

API: American Petroleum Institute

ASME: American Society of Mechanical Engineers

ASTM: American Society for Testing and Materials

AWS: American Welding Society

Bls: Barriles

CV: Voltaje constante

DCEP: Corriente directa de polaridad invertida

Fig.: Figura

GMAW: Gas Metal Arc Welding

Kms: Kilómetros

MIG/MAG: Metal Inert Gas/Metal Active Gas

TTS ó STT: Transferencia por tensión superficial

11. BIBLIOGRAFÍA

ASME American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).

ANSI American National Standards Institute (Instituto Americano Nacional de Normas).

AWS American Welding Society (Sociedad Americana de Soldaduras).

American Welding Society, STANDARD WELDING TERMS AND DEFINITIONS, American Welding Society AWS, Miami, American National Standard, 1994.

Eduardo J. Lima II, Guilherme C. Fortunato Torres, Ivanilza Felizardo, Frederico A. Ramalho Filho and Alexandre Q. Bracarense. DEVELOPMENT OF A ROBOT FOR ORBITAL WELDING En: Industrial Robot: An International Journal 32/4 (2005) Departamento de Engenharia Mecânica, (Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil) 5 p

Gerardo Duque/Luz M. Sánchez/José Divitt Velosa, INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA, GRACE, Bogota D.C., Universidad EAN, 2005

IPL TECHNOLOGY & CONSULTING SERVICES INC.: CONSTRUCCIÓN DE OLEODUCTOS: [Documento PDF] (Edmonton, Alberta. Octubre 1995) 2.4 SP Pipe Construction. 74 p

Ivanilza Felizardo*, Alexandre Queiroz Bracarense °, Hernandes Coutinho Fagundes *, Flaviano LopesPereira. *QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM ORBITAL DE DUTOS UTILIZANDO ROBÔ DEDICADO DE 4 GRAUS DE LIBERDADE, En:, 8º CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ENGENHARIA MECANICA (Cusco, 23 a 25 de Outubro de 2007): 8 p

Información bajada de la Pagina Intranet del Oleoducto Bicentenario consultado [04.03.2012] disponible en:

<http://www.bicentenario.com.co/Paginas/proyecto-oleoducto-bicentenario-de-colombia.aspx>

LINCOLN ELECTRIC: Sistemas de Automatización en Procesos de Soldadura: [Presentación] (Bogotá Colombia. Octubre de 2011) Lincoln Soldaduras de Colombia. 19 p

Normas y Procedimientos de la Pagina Intranet del Oleoducto Central S.A. consultado [23.11.2011] disponible en:

http://servlinux02.ocensa.com.co:7778/portal/page?_pageid=53,170622&_dad=portal&_schema=PORTAL

OLEODUCTO BICENTENARIO DE COLOMBIA, Comparación entre Soldadura Manual y Sistema de Soldadura Automática en la construcción de líneas. [Presentación] (Bogotá, Colombia. Octubre de 2011) LINCOLN ELECTRIC. 14 p

Oleoducto Central S.A., PROCEDIMIENTO REPARACIÓN Y SOLDADURAS OCENSA, Estándar Soldadura de Reparación y Mantenimiento, Bogota, 2009.

RICHARD BOYACA: PROCESO DE SOLDADURA GMAW. [Presentación] (Bogotá Colombia. Agosto de 2011): Director de Proyectos Industriales. Zona Centro, Lincoln Soldaduras de Colombia. 35 p

The James F. Lincoln Arc Welding Foundation, "THE PROCEDURES HANDBOOK OF ARC WELDING", Fourteenth Edition, Cleveland: The James F. Lincoln Arc Welding Foundation, 2000, 04 05 06 07 QWT 7654.

Entidades:

Oleoducto Central S.A. - OCENSA
Empresa Colombiana de Petróleos – ECOPETROL S.A.
Oleoducto Bicentenario - OBC
Universidad EAN
Sicim Colombia
Lincoln Electric Colombia

LICENCIA DE USO – AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES

Actuando en nombre propio identificado (s) de la siguiente forma:

Nombre Completo Héctor Fabio Valencia Rico

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: 10'272893

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

El (Los) suscrito(s) en calidad de autor (es) del trabajo de tesis, monografía o trabajo de grado, documento de investigación, denominado:

Estudio sobre aplicación tecnológica y sistematizada de máquinas de soldadura orbitales en redes de oleoductos y poliductos.

Dejo (dejamos) constancia que la obra contiene información confidencial, secreta o similar: SI NO
(Si marqué (marcamos) SI, en un documento adjunto explicaremos tal condición, para que la Universidad EAN mantenga restricción de acceso sobre la obra).

Por medio del presente escrito autorizo (autorizamos) a la Universidad EAN, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad EAN y a los usuarios de bases de datos y sitios webs con los cuales la Institución tenga convenio, a ejercer las siguientes atribuciones sobre la obra anteriormente mencionada:

- A. Conservación de los ejemplares en la Biblioteca de la Universidad EAN.
- B. Comunicación pública de la obra por cualquier medio, incluyendo Internet
- C. Reproducción bajo cualquier formato que se conozca actualmente o que se conozca en el futuro
- D. Que los ejemplares sean consultados en medio electrónico
- E. Inclusión en bases de datos o redes o sitios web con los cuales la Universidad EAN tenga convenio con las mismas facultades y limitaciones que se expresan en este documento
- F. Distribución y consulta de la obra a las entidades con las cuales la Universidad EAN tenga convenio

Con el debido respeto de los derechos patrimoniales y morales de la obra, la presente licencia se otorga a título gratuito, de conformidad con la normatividad vigente en la materia y teniendo en cuenta que la Universidad EAN busca difundir y promover la formación académica, la enseñanza y el espíritu investigativo y emprendedor.

Manifiesto (manifestamos) que la obra objeto de la presente autorización es original, el (los) suscritos es (son) el (los) autor (es) exclusivo (s), fue producto de mi (nuestro) ingenio y esfuerzo personal y la realizó (zamos) sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de exclusiva autoría y tengo (tenemos) la titularidad sobre la misma. En vista de lo expuesto, asumo (asumimos) la total responsabilidad sobre la elaboración, presentación y contenidos de la obra, eximiendo de cualquier responsabilidad a la Universidad EAN por estos aspectos.

En constancia suscribimos el presente documento en la ciudad de Bogotá D.C.,

NOMBRE COMPLETO: <u>Hector Fabio Valencia Rico</u>	NOMBRE COMPLETO: _____
FIRMA: <u>[Firma]</u>	FIRMA: _____
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: <u>10'272893</u>	DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____
FACULTAD: <u>Ingeniería</u>	FACULTAD: _____
PROGRAMA ACADÉMICO: <u>Producción</u>	PROGRAMA ACADÉMICO: _____

NOMBRE COMPLETO: _____	NOMBRE COMPLETO: _____
FIRMA: _____	FIRMA: _____
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____	DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____
FACULTAD: _____	FACULTAD: _____
PROGRAMA ACADÉMICO: _____	PROGRAMA ACADÉMICO: _____

Fecha de firma: Diciembre 03 /2012