

IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MEJORAMIENTO PARA EL PROCESO DE
SOLDADURA EN LA FABRICACIÓN DE UNIDADES DE CAMPAMENTOS EN
KNO ENVIRONMENTAL SOLUTIONS LTDA

ANGELA MARIA ARBOLEDA LAGOS

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES

INGENIERIA INDUSTRIAL

BOGOTA D.C

2015

IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MEJORAMIENTO PARA EL PROCESO DE
SOLDADURA EN LA FABRICACIÓN DE UNIDADES DE CAMPAMENTOS EN
KNO ENVIRONMENTAL SOLUTIONS LTDA

ANGELA MARIA ARBOLEDA LAGOS

PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

ING. JUAN CARLOS CANO HERRERA

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES

INGENIERIA INDUSTRIAL

BOGOTA D.C

2015

2

NOTA DE ACEPTACIÓN:

FIRMA JURADO

FIRMA JURADO

FIRMA JURADO

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
3. JUSTIFICACIÓN	15
4. OBJETIVOS	16
4.1. OBJETIVO GENERAL	16
4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
5. MARCO TEORICO.....	17
5.1. SOLDADURA GMAW	17
5.2. SOLDADURA GTAW	19
5.3. SOLDADURA SMAW.....	20
5.4. CALIFICACIÓN DE SOLDADORES	21
5.5. POSICIONES DE SOLDADURA.....	24
5.6. TIPOS DE JUNTAS	25
5.7. TIPOS DE SOLDADURA	27
5.8. EQUIPO PARA SOLDADURA MIG	28
5.9. BENEFICIOS DEL SISTEMA MIG	29
5.10. APLICACIONES DE CODIGOS AL DISEÑO Y SOLDADURA	30
6. MARCO CONCEPTUAL.....	32
7. MARCO LEGAL	36
8. DISEÑO METODOLOGICO	37
8.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	37
8.2. POBLACIÓN	37
8.3. MUESTRA.....	37
8.4. VARIABLES	37
8.5. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	38
9. RESULTADOS	39
9.1. ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	39
9.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS	39

9.3.	PIÑÓN DE PRODUCCIÓN	40
9.4.	DIAGNOSTICO INICIAL	41
9.5.	DOCUMENTACIÓN	44
9.6.	PROCESO	46
9.7.	PERSONAL.....	49
9.8.	MATERIALES	57
9.9.	EQUIPOS.....	60
9.10.	PRODUCTO	63
9.11.	COSTO DEL PROYECTO	65
10.	CONCLUSIONES	66
11.	RECOMENDACIONES	68
12.	BIBLIOGRAFIA	69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Aplicación de códigos según soldadura	29
Tabla 2. Normas Aplicables al Proceso	.36
Tabla 3. Descripción de Variables	..38
Tabla 4. Procedimientos a Calificar	...48
Tabla 5. Procedimientos Calificados PQR (ANEXO K)	...49
Tabla 6. Competencias Soldadores	50
Tabla 7. Necesidad de calificación de soldadores	...52
Tabla 8. Tipo de Ensayo	...54
Tabla 9. Calificación de soldadores	55
Tabla 10. Evidencia del proceso de calificación	..56
Tabla 11. Clasificación de Materiales	58
Tabla 12. Inspección materiales	.59
Tabla 13. Periodicidad mantenimientos	61
Tabla 14. Calibración equipos	.63
Tabla 15. Costos del proyecto	.65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Soldadura GMAW	19
Figura 2. Posiciones de Soldadura	25
Figura 3. Tipos de Juntas	26
Figura 4. Tipos de Soldadura	28
Figura 5. Equipo Soldadura MIG	29
Figura 6. Mapa de Procesos	39
Figura 7. Piñón de Producción	40
Figura 8. Calibración Equipo soldadura	62

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Lista de Chequeo	40
Anexo B. P-P-12 Procedimiento para Ensamble y Soldadura	43
Anexo C. P-F-04 Dossier de Fabricación	43
Anexo D. P-P-24 Procedimiento de inspección y ensayo	44
Anexo E. Plan de Inspección y Ensayo	44
Anexo F. P-P-23 Procedimiento Líquidos Penetrantes	44
Anexo G. P-F-18 Reporte de Líquidos penetrantes	44
Anexo H. P-F-13 Especificación procedimiento WPS	46
Anexo I. WPS	47
Anexo J. PQR	48
Anexo K. RH-F-01 Perfil de cargo y manual de funciones (Soldador)	49
Anexo L. Capacitaciones	50
Anexo M. F-P-20 Registro de calificación de soldador (WPQ)	53
Anexo N. WPQ Víctor Gómez	54
Anexo O. WPQ Luis Alfonso Fresneda	54
Anexo P. WPQ Fredy Morales	54
Anexo Q. WPQ Carlos Tapiero	54
Anexo R. WPQ Milton Urian	54
Anexo S. RH-F-01 Perfil de cargo y manual de funciones (Inspector de calidad)	56

Anexo T. Curso Líquidos penetrantes Nivel II . Inspector de Calidad ò ò ò ò ò .56

Anexo U. CO-P-03 Procedimiento de compras ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò 56

Anexo V. CO-P-01 Anexo 1 Requisito para compra de productos ò ò ò ò ò ò ò 57

Anexo W. CO-P-02 Procedimiento para recepción de materiales ò ò ò ò ò ò ò .58

Anexo X. CO-F-06 Inspección y entrada de mercancía y/o materiales ò ò ò ò ò 58

Anexo Y. Programa de mantenimiento ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ..59

Anexo Z. Calibración equipos de soldadura ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ..62

Anexo AA. P-F-23 Reporte de inspección visual y dimensional de soldadura ò ò 63

1. INTRODUCCIÓN

El petróleo, es un recurso natural no renovable que brinda la naturaleza y aunque su existencia y utilización yace desde épocas milenarias éste no ha dejado de ser un recurso de gran importancia a nivel mundial ya que es la principal fuente de energía y factor estratégico de desarrollo para muchas actividades humanas de la sociedad actual como el transporte, la industria, la minería, etc.

En 1905 comenzó la historia del Petróleo en Colombia al firmar contratos de concesión, la concesión de mares y la concesión de barco que consistían básicamente en ceder a externos áreas del territorio para el desarrollo de trabajos de exploración; En 1951 termina la concesión, pasando todos los bienes a ser propiedad de la nación, por lo que se hizo necesario la creación de la empresa colombiana de petróleo, Ecopetrol, para el manejo del patrimonio.

La industria petrolera desarrolla una serie de actividades y operaciones como la exploración, perforación, producción, transporte, refinería y comercialización; actividades que implican y representan una oportunidad de intervención de otras empresas que ofrecen alternativas de solución en cada una de las etapas de desarrollo del petróleo.

En la actualidad el crudo viene reportando una pérdida en su valor que no se registraba desde el 2009. La evolución a la baja del precio del petróleo recientemente observada tiene como principal explicación una reducción de la demanda y un incremento de la oferta. En el último año, la demanda ha disminuido por la ralentización económica en numerosos países. Por otro lado, la oferta ha aumentado de forma considerable como consecuencia del incremento de

la producción de Estados Unidos debido principalmente a la técnica del fracking y a la de algunos países de la Organización de países exportadores de Petróleo (OPEP). La caída de los precios necesariamente conduce a las empresas a revisar sus costos, no siendo claro en qué nivel se establezca el barril y tampoco cuánto tiempo tenga índices relativamente bajos, es por ello que las compañías se preparan para una época de crisis, es ahí donde se deben volver más competitivas mejorando sus procesos, puesto que se estima que las empresas que están en Colombia se puedan volver más selectivas a la hora de hacer inversiones.

Por lo anterior y teniendo en cuenta que KNO ENVIRONMENTAL SOLUTIONS LTDA es una empresa donde su mayor participación la tiene en el sector de hidrocarburos, se enfrenta a nuevos retos buscando sostenibilidad en el mercado la cual se lograra con la mejora continua de sus procesos especialmente el proceso de soldadura, ya que día a día se convierte en un proceso exigente que se puede catalogar como un sistema porque intervienen los elementos propios de este, es decir, las 5 M: mano de obra, materiales, máquinas, medio ambiente y medios escritos (procedimientos).

Este documento se fundamenta en el cumplimiento de parámetros desde la compra hasta la liberación del producto a la siguiente etapa, identificando unas necesidades para transformarlas en procedimientos estandarizados que permitan demostrar el cumplimiento de normas técnicas aplicables en Colombia.

Con el desarrollo del presente trabajo la empresa mejorara la calidad del producto en la etapa de soldadura permitiendo ser una empresa más competitiva, todo esto a través de la aplicación de estándares logrando disminuir el producto no conforme y aumentar la satisfacción de los clientes.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

KNO ENVIRONMENTAL SOLUTIONS LTDA, es una empresa constituida hace 13 años dedicada al diseño, fabricación, venta, mantenimiento y alquiler de plantas de tratamiento de agua residual y potable, soluciones de campamentos y tanques de almacenamiento de agua, crudo y lodos para el sector de hidrocarburos minería e industria en general.

Dentro de las líneas de producción que KNO ENVIRONMENTAL SOLUTIONS LTDA desarrolla, se encuentra la fabricación de unidades de campamento (Oficinas, dormitorios, cocinas, laboratorios, enfermerías, sala de juntas, baterías de baño entre otras), donde se ejecutan una serie de procesos como la soldadura, forraje, pintura, instalación de mobiliario, entre otros. El proceso de soldadura se cataloga fundamental para garantizar la calidad de los equipos fabricados, sin embargo en la actualidad no se cuenta con un proceso documentado, estandarizado e implementado que permita la entrega de productos bajo el cumplimiento de requisitos ya que se presentan los siguientes problemas:

- Las actividades desarrolladas en el proceso de soldadura no cuenta con un procedimiento estandarizado.
- No se ha definido la competencia para el personal que interviene en el proceso de soldadura.
- El personal encargado de realizar el proceso de soldadura requiere fortalecer la competencia para esta actividad.
- No hay registros de calibración, inspección y mantenimiento de los equipos que intervienen en el proceso de soldadura.
- No se realizan pruebas técnicas para garantizar la calidad de la aplicación de la soldadura.

- No se tiene establecido un método para liberar el producto a la siguiente etapa de producción.
- No se identifica el producto no conforme.
- Los requisitos de compra de las materias primas que intervienen en el proceso de soldadura no se tienen establecidos ni se realiza inspección a las materias primas que ingresan al proceso.

Dentro de las principales causas de esta problemática se encuentran:

- Desconocimiento de los requisitos exigidos por las normas vigentes que aplican al proceso de soldadura.
- Falta de planeación y documentación del proceso de soldadura.
- Ausencia de perfiles de cargo.
- Falta de personal certificado en procesos de soldadura.
- Desconocimiento en los requisitos de compra de materias primas necesarias para la soldadura.

Se plantea analizar esta problemática y de esta manera documentar, e implementar un plan que permita a la compañía estandarizar el proceso de soldadura de unidades de campamento iniciando desde la compra de materias primas hasta la inspección de liberación al siguiente proceso.

3. JUSTIFICACIÓN

Con el desarrollo del presente proyecto se busca que la organización garantice dentro del proceso de soldadura el cumplimiento normativo, la mejora continua del producto, la satisfacción de los clientes y la competitividad en el mercado; para ello se pretende:

- Documentar y estandarizar el proceso de soldadura.
- Mejorar métodos y procedimientos de trabajo
- Mejorar la calidad el producto.
- Disminuir el producto no conforme.
- Identificar las necesidades de capacitación del proceso de soldadura.
- Fortalecer la competencia requerida para el personal que interviene en el proceso de soldadura.
- Fortalecer el programa de mantenimiento, calibración e inspección de los equipos asociados al proceso de soldadura.
- Garantizar la calidad de las materias primas e insumos adquiridos para la fabricación de las unidades de campamento.
- Fomentar interés en los líderes para que implementen los estándares.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Implementar un plan de mejoramiento aplicable al proceso de soldadura en la empresa KNO ENVIRONMENTAL SOLUTIONS LTDA.

4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un diagnóstico inicial al proceso de soldadura
- Documentar y estandarizar los procedimientos, planes y programas asociados al proceso de soldadura.
- Definir y proporcionar la competencia y capacitación necesaria para el personal que interviene en el proceso de soldadura.
- Establecer un mecanismo para liberar el producto.

5. MARCO TEORICO

Una soldadura, según la definición de la American Welding Society (AWS) es una unión localizada de metales o no metales, producida por el calentamiento de estos a la temperatura de soldadura requerida, con o sin la aplicación de presión y con o sin el uso de material de aporte. Se realiza una soldadura cuando las distintas piezas se combinan y forman una pieza única al calentarse a una temperatura suficientemente alta como para causar el reblandecimiento o fusión.

Es responsabilidad de las empresas fabricantes de productos soldados comprobar que la calidad de sus productos este de conformidad con los requerimientos del cliente y lo establecido en códigos y especificaciones de soldadura, y un primer paso para asegurar la calidad de sus productos y la idoneidad y habilidad de sus soldadores es elaborando procedimientos de soldadura que permitan garantizar la compatibilidad del metal de soldadura depositado con el metal base utilizado y calificando a sus soldadores y punteadores acorde con el procedimiento de soldadura calificado, esta evaluación de los soldadores es muy importante para la empresa, dado que permite garantizar el desarrollo de uniones soldadas de alta calidad y además da garantía, buen nombre y confiabilidad a la empresa como al soldador.

5.1. SOLDADURA GMAW

El proceso GMAW (Mig-Mag) con sus siglas en ingles **%GAS METAL ARE WELDING+** en español conocido como **%SOLDADURA POR ARCO METALICO CON GAS PROTECTOR+** utiliza un hilo (alambre) para soldar que se alimenta automáticamente, a una velocidad constante, como un electrodo. Se genera un arco entre el metal base y el hilo, y el calentamiento resultante funde este

proporcionando la unión de las placas base. Este método se conoce como proceso de soldadura por arco semiautomático porque el hilo se alimenta automáticamente a una velocidad constante y el soldador mueve la pistola. ⁽¹⁾

Durante el proceso, un gas protector protege la soldadura de la atmosfera y evita la oxidación del metal base. El tipo de gas a utilizar depende del material base que se va a soldar.

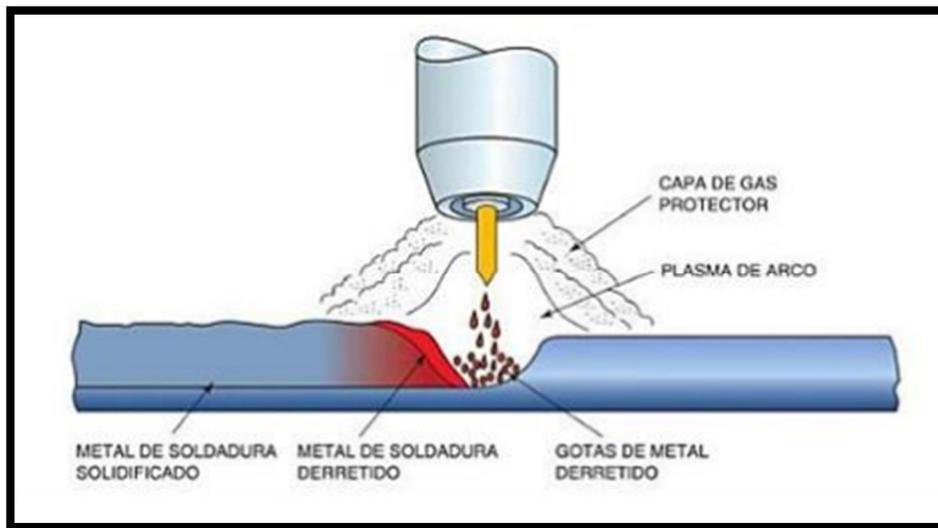
Dicho proceso se inició desde 1920 pero se comercializo en 1948, al principio se creía de este proceso un metal desnudo de diámetro pequeño con alta densidad de corriente que empleaba un gas inerte como protección, sus primeras aplicaciones fueron en aluminio de allí el término MIG+ metal gas inerte pero después se empezaron a implementar otras formas de protección con otros tipos de gases como lo fueron los reactivos y mezclas de estos. Continuos desarrollos al proceso de soldadura MIG lo han convertido en un proceso aplicable a todos los metales comercialmente importantes como el acero, aluminio, acero inoxidable, cobre y algunos otros. Materiales por encima de 0.76 mm (.030-in) de espesor pueden ser soldados en cualquier posición, incluyendo "de piso", vertical y sobre cabeza.

El proceso GMAW opera en corriente directa, usualmente con el alambre como electrodo positivo. Las corrientes de soldadura varían desde unos 50 Amperios hasta 600 Amperios en muchos casos en voltajes de 15V hasta 32V, un arco auto-estabilizado es obtenido con el uso de un sistema de fuente de poder de potencial constante (voltaje constante) y una alimentación constante del alambre. Las ventajas que da el proceso GMAW son que puede soldarse en todas las posiciones, es un proceso de electrodo consumible que permite soldar todos los

metales y sus aleaciones, no tiene restricción de tamaño del electrodo, presenta una alimentación continua del electrodo generando mayores tasas de deposición de material de aporte, casi no necesita limpieza por que no genera mucha escoria.

(1)

Figura 1. Soldadura GMAW



5.2. SOLDADURA GTAW

La American Welding Society define la soldadura GTAW por arco bajo gas protector con electrodo de Tungsteno como un proceso de soldadura de arco que utiliza el arco eléctrico que salta entre un electrodo de tungsteno y la pieza a soldar, mientras un gas inerte protege el baño de fusión.

El arco produce el calor necesario para fundir el material. El gas protector mantiene el oxígeno del aire apartado del baño de fusión y el tungsteno caliente.

1 JEFFUS, Larry, ROWE, Richard. Manual de soldadura GMAW (MIG-MAG). Edición 1. Madrid, España: Cengage Learnig Paraninfo, S.A. 2008.

Los tipos de corriente más utilizados son la corriente continua de polaridad continua, eso es el electrodo conectado al polo negativo y la corriente alterna. El tungsteno se utiliza para el electrodo debido a su alta temperatura de fusión y a sus buenas características eléctricas. El gas Argón es el que más comúnmente se utiliza como gas protector por que produce muy buena cobertura de la zona de soldadura y es más económico que el Helio, la adición de metal de aportación en varilla o alambre proporciona el refuerzo de la soldadura y cambia la química de esta, proporcionándole las propiedades físicas deseadas.

La GTAW se le considera uno de los más versátiles de todos los procesos de soldadura. Se puede utilizar para hacer soldaduras de alta calidad en casi cualquier metal, cualquier posición y en casi cualquier espesor de chapa, placa o tubo. Este proceso tiene varias ventajas sobre la mayoría de los otros procesos de soldadura, ya que es un proceso muy limpio, versátil, no deja escoria, puede usarse en cualquier metal de cualquier espesor y en cualquier posición. (2)

5.3. SOLDADURA SMAW

La soldadura SMAW se realiza generalmente con un electrodo en forma de varilla, consumible y revestido, este electrodo está formado por dos partes: el núcleo metálico y el revestimiento cerámico obtenido por extrusión. El electrodo se funde durante el proceso de soldadura, por lo cual es necesario acercar continuamente el electrodo a la pieza para mantener la longitud de arco constante. La fusión del núcleo genera el material de aporte. La combustión del revestimiento cerámico

2. JEFFUS, Larry. Manual de Soldadura GTAW (TIC). Edición 1. Madrid, España: Cengage Learning Paraninfo, S.A. 2010.

forma una atmosfera que protege la zona de la soldadura de la entrada del oxígeno y nitrógeno, lo cual produce una soldadura más limpia y resistente, además la atmosfera retarda la rapidez de enfriamiento de la soldadura, lo cual produce una unión con mejores propiedades.

El proceso de la soldadura manual por arco eléctrico con electrodo revestido comienza con el cebado o establecimiento del arco entre el extremo del electrodo y la pieza a soldar.

Una vez conseguido el mantenimiento y estabilización del arco, el calor generado funde el revestimiento y la varilla metálica del electrodo, a la vez que la combustión del revestimiento sirve para originar una atmósfera protectora que impide la contaminación del material fundido. Así, las gotas de metal fundido procedentes de la varilla metálica del electrodo van a depositarse en el baño de fusión rodeadas de escoria. Esta escoria, por efecto de la viscosidad, flota en el baño protegiéndolo contra un enfriamiento rápido y de la contaminación del aire circundante. Una vez frío el cordón, se procede a eliminar esta escoria que queda como una especie de costra en la superficie del cordón. ⁽³⁾

5.4. CALIFICACIÓN DE SOLDADORES

El área de soldadura cuenta con un amplio portafolio de formación ya que capacita ayudantes, auxiliares, técnicos y tecnólogos en soldadura, en la gran mayoría de procesos (SMAW - GMAW - FCAW - GTAW), además en la reparación, corte, conformado y armado de productos metálicos acción de los actuales soldadores

3. PAZOS PEINADO, Norma. Tecnología de los metales y proceso de manufactura. Edición 1. La vega, Caracas. 2006.

en todas las áreas de trabajo: diseño, fabricación, montaje, inspección, consultoría, asesoría, investigación e interventoría de construcciones soldadas, con especial énfasis en el control de la calidad, la producción, competitividad y fiabilidad de los productos, todo de conformidad con los requerimientos de la industria. Dentro de las iniciativas más reconocidas se encuentran los proyectos de capacitación en soldadura por parte del Sena, el Instituto de Soldadura WestArco, el Centro de Capacitación Don Bosco, el Centro Tecnológico de Soldadura (CTS) de la empresa Lincoln Electric, y el recientemente inaugurado Instituto Tecnológico de Soldadura (Itesol) de la empresa Megrieweld Ltda., a diferencia del Sena que, como entidad de formación para el trabajo, desarrolla planes técnicos y tecnológicos de formación en soldadura, los institutos cumplen la función de capacitar y calificar la labor de acuerdo al campo de aplicación específica. La Universidad Libre es la única que tiene una especialización en esta área, la cual está dirigida a los empresarios, gerentes, jefes de producción, directores, inspectores y en general a los profesionales del sector que busquen un conocimiento y una formación en el manejo de la soldadura de materiales. (4)

Para la calificación de soldadores y operarios de soldadura la metodología a seguir es muy similar a la de elaboración y calificación de procedimientos de soldadura, teniendo en cuenta que cuando se califica un procedimiento de soldadura se tiene como eje de acción demostrar la compatibilidad existente entre los metales base, los materiales de aporte, los proceso de soldadura y la técnica aplicada mientras que cuando se califica un soldador u operario de soldadura el eje de acción se centra en demostrar que este tiene la capacidad y habilidad para ejecutar una soldadura en determinada posición y acorde a unas especificaciones dadas en el procedimiento de soldadura estipulado para la aplicación requerida.

4. MARIN VILLAR, Camilo.

Soldadores: Cada vez se necesitan más y mejor capacitados. En: Revista

Metalactual. Vol 12.

Para la calificación de soldadores y operarios de soldadura es fundamental la definición de variables que permitan cumplir con lo especificado en el procedimiento entre las cuales se encuentran: la posición de soldadura, la configuración de la junta, el tipo y tamaño del electrodo, el proceso de soldadura, el tipo de metal base, el espesor del metal base y la técnica específica de soldadura. La secuencia general para la calificación del soldador es: i) identificar las necesidades de calificación de soldador en cuanto a: Proceso o procesos de soldadura, posiciones de soldadura, materiales base (platina o tubería o mixta), rango de espesores y diámetros calificados, tipos de juntas (ranura o de filete), etc., ii) identificar e interpretar el procedimiento de soldadura especificado para la calificación. lii) identificar las variables esenciales, iv) verificar que el equipo de soldadura, los materiales base y de aporte sean los requeridos y estén en condiciones óptimas de trabajo (calibrados), v) verificar que la probeta de prueba cumpla con los requerimientos dimensionales y de forma especificados en el código para la calificación del soldador, vi) inspeccionar el desarrollo de la soldadura para asegurar que cumple con el procedimiento de soldadura especificado para la calificación, vii) seleccionar y aplicar los ensayos requeridos para evaluar las probetas soldadas las cuales pueden ser seleccionados acorde a los requerimientos de alta calidad del producto soldado y a los ensayos aplicables, pruebas destructivas o no destructivas, teniendo en cuenta especificaciones de los códigos, ventajas y limitaciones del método de inspección, estándares de aceptación, y costo, viii) elaborar el documento de calificación de la habilidad del soldador. (5)

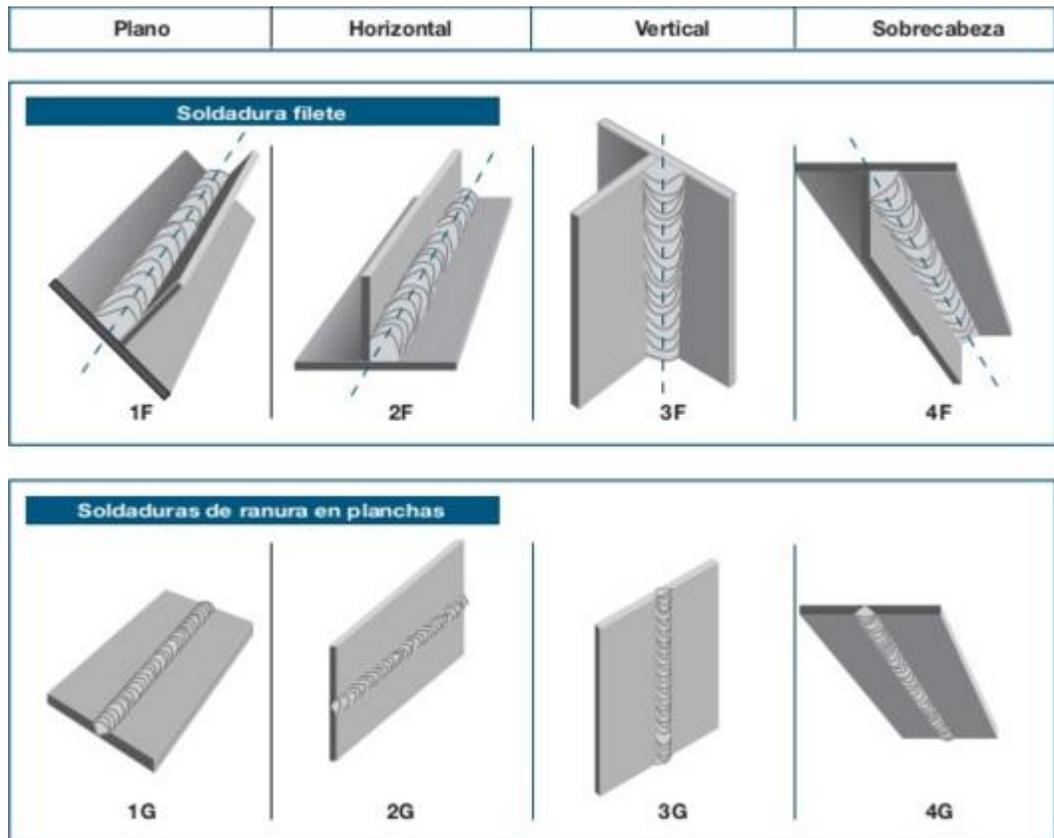
5 NIEBLES, Enrique, ARNEDO, William. Procedimiento de soldadura y calificación de soldadores: una propuesta de enseñanza y guía de aplicación para la industria. Barranquilla, Colombia. 2009. 30. Universidad autónoma del Caribe, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Mecánica.

5.5. POSICIONES DE SOLDADURA

Los trabajos de soldadura, o más propiamente la ejecución de los cordones, pueden realizarse en las siguientes posiciones:

- **Posición Plana:** Es decir, un plano horizontal. La ejecución de cordones en esta posición es más fácil y económica. En lo posible la pieza debe colocarse de tal forma que permita la ejecución de los cordones en esa posición.
- **Posición Vertical:** La pieza a soldar se encuentra en posición vertical y los cordones también se ejecutan siguiendo la dirección de un eje vertical. La soldadura también puede hacerse en forma ascendente o descendente.
- **Posición Horizontal:** La pieza está colocada verticalmente y el cordón se ejecuta horizontalmente.
- **Posición Sobre Cabeza:** La pieza está ubicada horizontalmente y la soldadura se ejecuta por debajo. Es una posición inversa de la posición plana.

Figura 2. Posiciones de soldadura



Fuente: www.indura.net Colombia

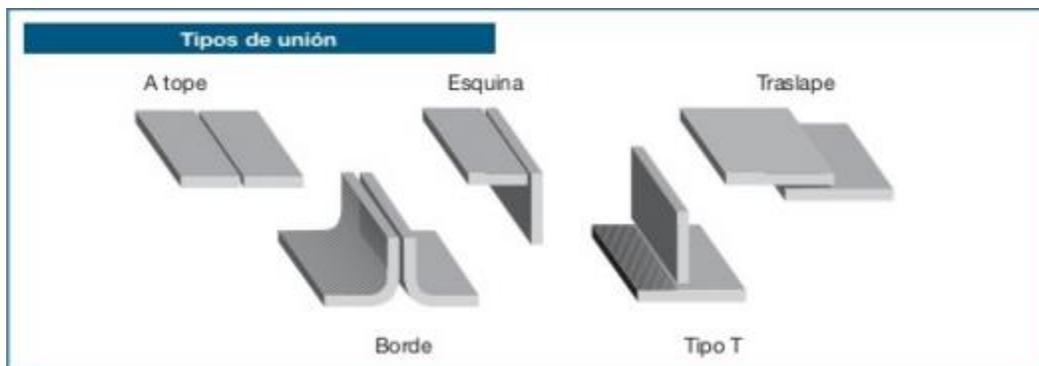
5.6. TIPOS DE JUNTAS

En las estructuras metálicas es común observar juntas de soldadura, que son áreas en las que se encuentra el material de relleno que se usa para unir los objetos de hierro, acero etc.

- **Junta a Tope:** Es el tipo de junta soldada más sencilla que existe. Se utiliza para unir objetos que reposan sobre el mismo plano y puede consistir en dos bordes cuadrados en forma de  o de . El perfil depende de los materiales que serán soldados y de la aplicación que se le desea dar a los mismos. Existen dos tipos de juntas a tope, la simple y al doble.

- **Junta de Esquinas:** Se usa para unir dos objetos de un ángulo de 90°, de tal forma que estos solo se toquen sobre un borde, y que se puedan obtener uniones más fuertes y sencillas de hacer por parte del soldador.
- **Junta de Borde:** Aunque es similar a la junta a tope, la junta de borde se usa sobre los bordes de dos objetos de distribución vertical presentes en las estructuras metálicas.
- **Junta Traslape:** Se utiliza comúnmente para superponer dos objetos que no reposan directamente uno sobre otro.
- **Junta en ÍTÍ:** Este tipo de soldadura se emplea para unir dos objetos en el ángulo adecuado para formar una π , una parte es perpendicular a la otra.

Figura 3. Tipos de juntas



Fuente: www.indura.net Colombia

5.7. TIPOS DE SOLDADURA

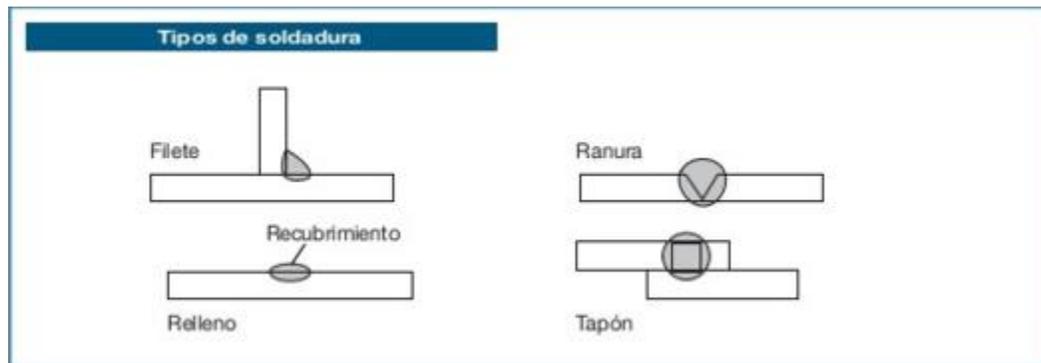
Existen cinco tipos básicos de soldadura: la de cordón, la de filete, la de tapón y la de ranura. La selección del tipo de soldadura está ligada a la eficiencia de la junta como el mismo diseño.

- **Soldadura de Cordón:** Se hace en una sola pasada, con el metal de aporte sin movimiento hacia uno u otro lado, se usa principalmente para reconstruir superficies desgastadas.
- **Soldadura de Tapón:** Sirven principalmente para hacer las veces de los remaches, se emplea para unir por fusión dos piezas de metal cuyos bordes por alguna razón, no pueden fundirse.
- **Soldadura de Filete:** Se usa para rellenar los bordes de las placas creadas mediante uniones de esquinas, sobrepuestas y en $\%+$ se usa un metal relleno para proporcionar una sección transversal de aproximadamente la forma de un triángulo. Es el tipo de soldadura más común en la soldadura por arco eléctrico porque requiere una mínima preparación de los bordes, ya que se usan los bordes cuadrados básicos de las partes. Las soldaduras de filete pueden ser sencillas o dobles y continuas o intermitentes, es decir, soldadas en toda la longitud o con espacios sin soldar a lo largo.
- **Soldadura con Ranura:** Se requiere dar forma en las orillas de las partes en forma de surco para facilitar la penetración de la soldadura. Las formas con surco incluyen un cuadrado, un bisel, la $\%+$, la $\%+$ y la $\%+$ en un lado o a ambos lados.

La preparación de las caras para este tipo de soldadura depende no solo del tipo de unión, sino que también depende del espesor de las piezas a unir.

- ✓ Los bordes cuadrados se utilizan para espesores inferiores a 4 o 5 mm, para soldar en estos casos simplemente se acercan las caras de las piezas.
- ✓ La preparación de las caras en $\%6+$ se utiliza para espesores entre 5 y 15 mm.
- ✓ La preparación en $\%6+o$ en $\%6+$ en ambos lados, se utiliza para espesores de lámina entre 15 y 25 mm.

Figura 4. Tipos de Soldadura



Fuente: www.indura.net Colombia

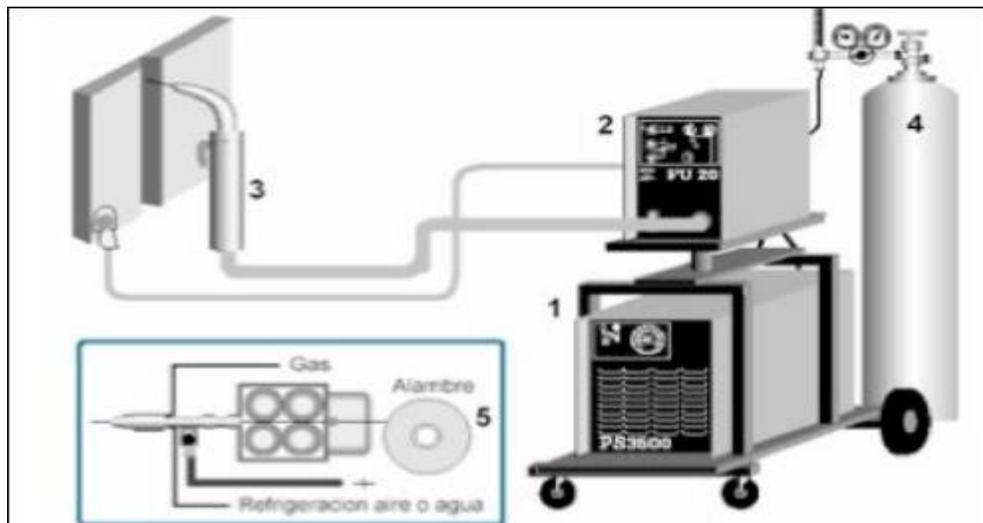
5.8. EQUIPO PARA SOLDADURA MIG

El equipo para soldar MIG está integrado por:

1. Una maquina soldadora.
2. Un alimentador que controla el avance del alambre a la velocidad requerida.

3. Una pistola de soldar para dirigir directamente el alambre al área de soldadura.
4. Un gas protector para evitar la contaminación del baño de fusión.
5. Un carrete de alambre del tipo y diámetro especificado.

Figura 5. Equipo soldadura MIG



Fuente: www.google.com.mx/imagenes

5.9. BENEFICIOS DEL SISTEMA MIG

1. No genera escoria.
2. Alta velocidad de deposición.
3. Alta eficiencia de deposición.
4. Fácil de usar.
5. Mínima salpicadura.
6. Aplicable a altos rangos de espesores.
7. Baja generación de humos.
8. Es económico.
9. La pistola y los cables de soldadura son ligeros haciendo más fácil su manipulación.

- 10. Es uno de los más versátiles entre todos los sistemas de soldadura.
- 11. Rapidez de deposición.
- 12. Alto rendimiento.
- 13. Posibilidad de automatización

5.10. APLICACIONES DE CODIGOS AL DISEÑO Y SOLDADURA

Tabla 1. Aplicación de códigos según soldadura

TIPO	PRODUCTO	DISEÑO	SOLDADURA	END
ESTRUCTURAS (ESTATICAS- DINAMICAS)	Estructuras estáticas, soldadas en acero.	ANSI / AWS D 1.1	ANSI / AWS D 1.1	ANSI / AWS D 1.1
	Estructuras estáticas soldadas en aluminio	ANSI / AWS D 1.2	ANSI / AWS D 1.2	ANSI / AWS D 1.2
	Estructuras estáticas soldadas en lámina de acero	ANSI / AWS D 1.3	ANSI / AWS D 1.3	ANSI / AWS D 1.3
	Estructuras dinámicas soldadas en acero (Puentes)	AWS D 1.5 AASHTO AISC	AWS D 1.5 AASHTO AISC	AWS D 1.5 AASHTO AISC
TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y RECIPIENTES A PRESIÓN	Recipientes a presión	ASME SECC. VIII.DIV.I Y II ASME SECC. II	ASME SECC. IX	ASME SECC. V
	Tanques de almacenamiento de petróleo y sus derivados (fabrica).	API 12F	ASME SECC. IX	API 12F ASME SECC. V
	Tanques grande de almacenamiento de petróleo y sus	API 620	ASME SECC. IX	API 620 ASME SECC. V

derivados			
Tanques de almacenamiento de petróleo y sus derivados	API 650	ASME SECC. IX	API 650 ASME SECC. V
Tanques de almacenamiento de agua	AWWA D 100	ASME SECC. IX	AWWA D 100 ASME SECC. V

6. MARCO CONCEPTUAL

- **ANSI:** American National Standards Institute . Instituto Nacional Estadounidense de Estándares.
- **Arco:** Descarga eléctrica que se forma entre dos electrodos sometidos a una diferencia de potencial.
- **AWS:** American Welding Society . Sociedad Americana de Soldadura.
- **Calibración:** Proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia que proporcione valor verificable.
- **Calidad:** Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos. (ISO 9000:2005)
- **Calificador:** Empresario, organización o individuo designado en el documento de referencia, quien es responsable de guiar y supervisar los ensayos de calificación. (NTC 2057).
- **Cliente:** Organización o persona que recibe un producto. (ISO 9000:2005)
- **Código:** Una norma compuesta por un conjunto de condiciones y requisitos relativos a un tema en particular, que indica los procedimientos adecuados mediante los cuales se puede determinar que los requisitos han sido cumplidos.
- **Competencia:** Aptitud demostrada para aplicar los conocimientos y habilidades. (ISO 9000:2005)
- **Corriente directa:** Flujo continuo de carga eléctrica a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial, que no cambia de sentido con el tiempo.
- **Cupón de Prueba:** Es el conjunto de materiales base utilizados a ser soldados completamente para la prueba de calificación del WPS.
- **Electrodo:** Varilla metálica preparada para servir como polo del circuito; en su extremo se genera el arco eléctrico. La varilla metálica a menudo va recubierta por una combinación de metales que varían de un electrodo a otro.

- **Ensayo no destructivo:** Acción de determinar la idoneidad de un material o componente para su propósito previsto mediante técnicas que no afectan su capacidad de servicio.
- **Especificación del procedimiento de soldadura EPS (WPS):** Documento en el cual se delinear o se hace referencia a todas las variables del proceso de soldadura requeridas, para la ejecución del proceso de soldadura. (NTC 2057)
- **Estandarizar:** Proceso mediante el cual se realiza una actividad de manera estándar o previamente establecida.
- **Fusión:** Proceso físico que consiste en el cambio de estado de un material por acción del calor.
- **Gas Inerte:** Es un gas no reactivo bajo determinadas condiciones de presión y temperatura.
- **GMAW:** Gas Metal Arc Welding . Soldadura por Arco Metálico con Gas Protector.
- **GTAW:** Gas Tungsten Arc Welding . Soldadura TIG.
- **GTC:** Guía Técnica Colombiana.
- **Metal base:** Uno de dos o más metales que se sueldan para formar una unión.
- **Metal de Aporte:** Tipo de metal que a veces se agrega a la unión de la soldadura por fusión. Los metales de aporte ayudan a la resistencia y a la masa de la unión soldada.
- **Metal:** Es aquel que está compuesto por uno o más metales, aunque puede contener otros componentes.
- **No metal:** Son elementos químicos que se definen por ser diametralmente opuestos a los metales debido a que pierden las cualidades que caracterizan a los metales.
- **Normalización:** Formulación y aplicación de reglas que pretenden encausar una determinada actividad dentro de un patrón de comportamiento adecuado.
- **NTC:** Norma Técnica Colombiana.
- **Número de Metal de Aporte:** Se designa como número-F. (NTC 2057)
- **Número del Material:** Se designa como número-M. (NTC 2057)

- **OPEP:** Organización de países exportadores de Petróleo.
- **Porosidad:** Discontinuidades de tipo cavidad o burbujas formadas cuando se atrapa gas durante la solidificación del metal de soldadura.
- **PQR:** Procedure qualification Record . Registro de la calificación del procedimiento.
- **Probeta:** Porción del ensamble soldado de ensayo, preparado para propósitos de evaluación de calificación. El espesor de la probeta de metal de soldadura de identifica con la letra %t. (NTC 2057)
- **Procedimiento de Soldadura Calificado:** Procedimiento que cumple con los requisitos de calificación especificados, basados en los ensayos de calificación realizados en los ensambles soldados, de acuerdo con la especificación del EPS (WPS) y el registro en un RCP (PQR). (NTC 2057).
- **Procedimiento:** Forma especificada para llevar a cabo una actividad o un proceso. (ISO 9000:2005)
- **Proceso:** Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados útiles. (ISO 9000:2005)
- **Producto:** Se define como resultado de un proceso. (ISO 9000:2005)
- **Registro de calificaciones del procedimiento RCP (PQR):** Documento que contiene las variables reales de soldadura utilizadas para producir un ensayo de soldadura aceptable, así como los resultados obtenidos de los ensayos realizados sobre la soldadura con el fin de calificar la especificación del procedimiento de soldadura EPS (WPS). (NTC 2057)
- **Requisito:** Necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria. (ISO 9000:2005)
- **SMAW:** Shielded Metal Arc Welding . Soldadura manual de electrodo recubierto.
- **Soldador Calificado:** Quien califica para ejecutar procesos de soldadura manuales o semiautomáticos, con base en los requisitos. (NTC 2057)

- **Soldadura MIG:** Es un proceso semiautomático o automático que usa una alimentación continua de alambre como electrodo y una mezcla de gas inerte para proteger la soldadura contra la contaminación.
- **Soldadura:** Proceso de unión que utiliza calor, presión y/o químicos para fundir y unir dos materiales de manera permanente.
- **Variables de Calificación:** Aquellas variables de soldadura que cambian más allá de los límites especificados, obligando a recalificar el procedimiento. (NTC 2057)
- **Variables de soldadura:** Información del proceso de soldadura que se deberá registrar en el EPS (WPS) y en el RCP (PQR). (NTC 2057)
- **Variables Esenciales:** Son aquellas en las que un cambio con respecto a lo descrito específicamente en el código afectan las propiedades mecánicas de la soldadura obtenida como: Material base, diseño de la junta, posición, metal de aporte, velocidad de avance etc.
- **Variables no Esenciales:** Son las que la cambiarse no ocasionan efectos apreciables en las soldaduras. Estas variables se pueden cambiar sin necesidad de recalificar el procedimiento.
- **WPQ (WPQR):** Welder Performance Qualification . Calificación de la habilidad del soldador u operario.
- **WPS:** Welding Procedure Specification . Especificación del procedimiento de soldadura.

7. MARCO LEGAL

Tabla 2. Normas Aplicables al Proceso

NORMA	ESPECIFICACIÓN O CODIGO	TITULO
NTC 2057	ANSI AWS B 2.1	Código para calificar el procedimiento para soldar y la habilidad del soldador
NTC 3568		Metal de aporte para soldeo. Directrices para adquisición.
NTC 2191		Electrodo revestido para soldadura de aceros al carbono.
NTC 1958	ANSI / AWS 2.4	Símbolos para soldadura y END.
GTC 110	ANSI / AWS B 1.11	Inspección visual de soldadores.
NTC 2034	ISO 9712	Calificación y certificación de personal en Ensayos no Destructivos.
NTC 4278	UNE 20816	Reglas de seguridad relativas a la utilización de los equipos de soldadura por arco eléctrico y procesos afines.
ANSI	AWS D1.1	Código de soldadura estructural
ANSI	AWS D1.3	Código de soldadura estructural . Lámina de acero
ANSI	AWS QC1:2007	Norma para la certificación de inspectores de soldadura de la AWS
	QC7-98	Norma para soldadores certificados de la AWS.
ANSI	AWS A 3.0 NTC 2229	Terminología y definiciones en soldadura.
ISO 9712	NTC 2034	Calificación y certificación de personal en END

8. DISEÑO METODOLOGICO

8.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Corresponde a una investigación de tipo descriptivo cualitativo, es un estudio de caso, ya que busca mejorar la metodología respecto a la realización del proceso de soldadura a través de la estandarización y seguimiento de actividades que intervienen en el mismo.

8.2. POBLACIÓN

La empresa KNO ENVIRONMENTAL SOLUTIONS LTDA, cuenta actualmente con una población de 65 trabajadores vinculados de manera directa, de los cuales el 53% corresponden a personal en planta, el 20% corresponde al personal involucrado en el proceso de soldadura quienes son los directamente beneficiados con del desarrollo de la presente investigación.

8.3. MUESTRA

La muestra aplicada para la presente investigación, se realiza en la planta de KNO ENVIRONMENTAL SOLUTIONS LTDA; de manera específica se referencia a los puestos de trabajo del proceso de soldadura.

8.4. VARIABLES

A continuación se describen las variables definidas para la presente investigación:

Tabla 3. Descripción de Variables

OBJETIVO	VARIABLE	DEFINICIÓN	TIPO	NIVEL DE MEDICIÓN	VALORES POSIBLES
1	Nivel Cumplimiento de la normatividad	% de cumplimiento / total de requisitos normativos	Cuantitativa	Razón	0% - 100%
2	NA	NA	NA	NA	Producto procedimiento estandarizado
3	Nivel de conocimientos en temas de soldadura	% personal capacitado total de personal	Cuantitativa	Razón	0% - 100%
4	Nivel de cumplimiento de requisitos	Se determina por la verificación de los requisitos	Cualitativa	Ordinal	Cumple No cumple

8.5. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

- Aplicación de listas de chequeo.
- Entrevistas.
- Observación directa.
- Lectura y análisis de información de la compañía relacionada con el proceso de soldadura.
- Lectura y análisis de la normatividad.
- Consulta bibliográfica relacionada con la soldadura.

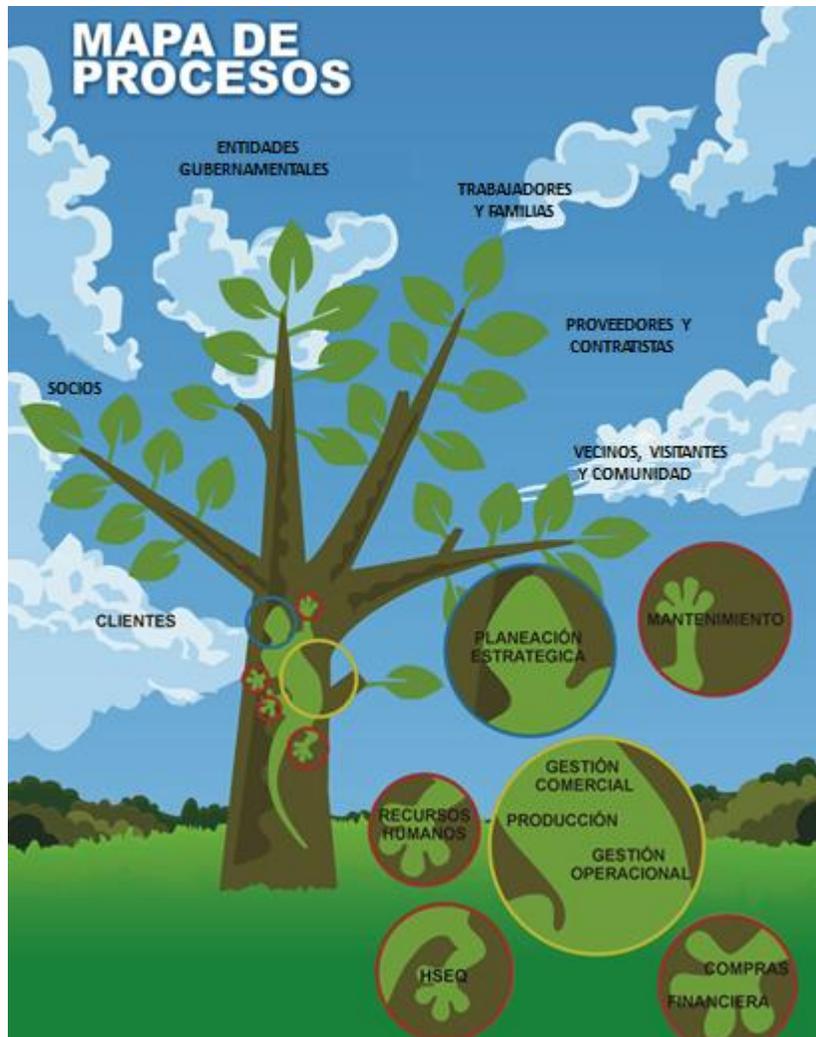
9. RESULTADOS

9.1. ACTIVIDAD DE LA EMPRESA

La actividad económica de KNO ENVIRONMENTAL SOLUTIONS LTDA corresponde al código CIU 2511 Fabricación de productos metálicos para uso estructural.

9.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

Figura 6. Mapa de Procesos



Fuente: Mapa de procesos KNO ENVIRONMENTAL SOLUTIONS LTDA.

9.3. PIÑÓN DE PRODUCCIÓN

Figura 7: Piñón de Producción



Fuente: Organigrama KNO ENVIRONMENTAL SOLUTIONS LTDA

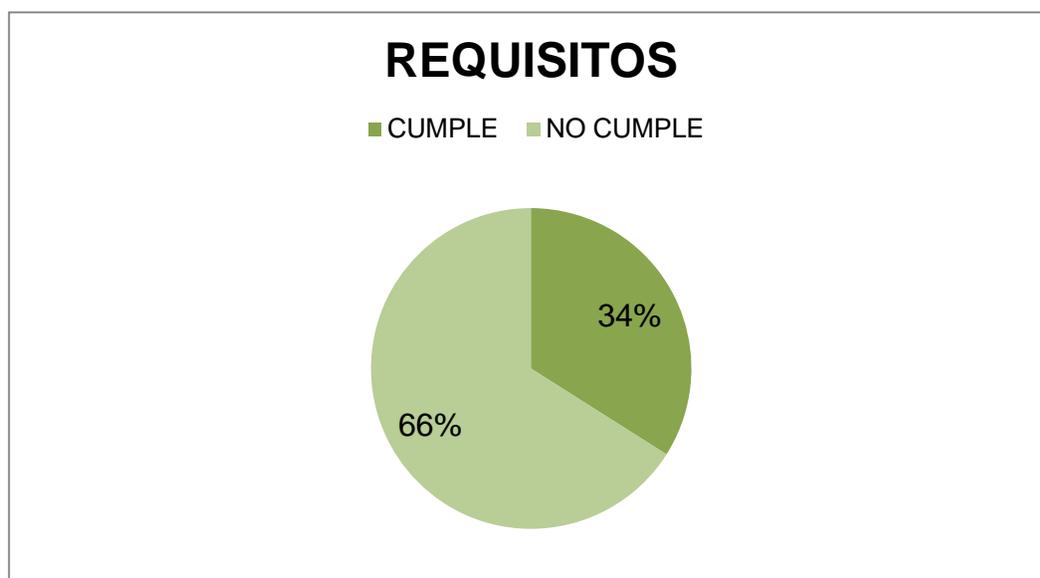
9.4. DIAGNOSTICO INICIAL

A continuación se presenta el diagnóstico realizado en KNO ENVIRONMENTAL SOLUTIONS LTDA para el proceso de soldadura, este diagnóstico se llevó a cabo aplicando una lista de chequeo en el proceso.

9.4.1. LISTA DE CHEQUEO

Con el propósito de identificar las condiciones actuales del proceso de soldadura, se diseñó una lista de chequeo (**ANEXO A**) basada en los requisitos aplicables al mismo; se evaluaron 29 ítems distribuidos en categorías como: documentación, proceso, personal, materiales, equipos, y producto. Como resultado se evidenció un cumplimiento del 34% y un incumplimiento del 66% de los requisitos aplicables.

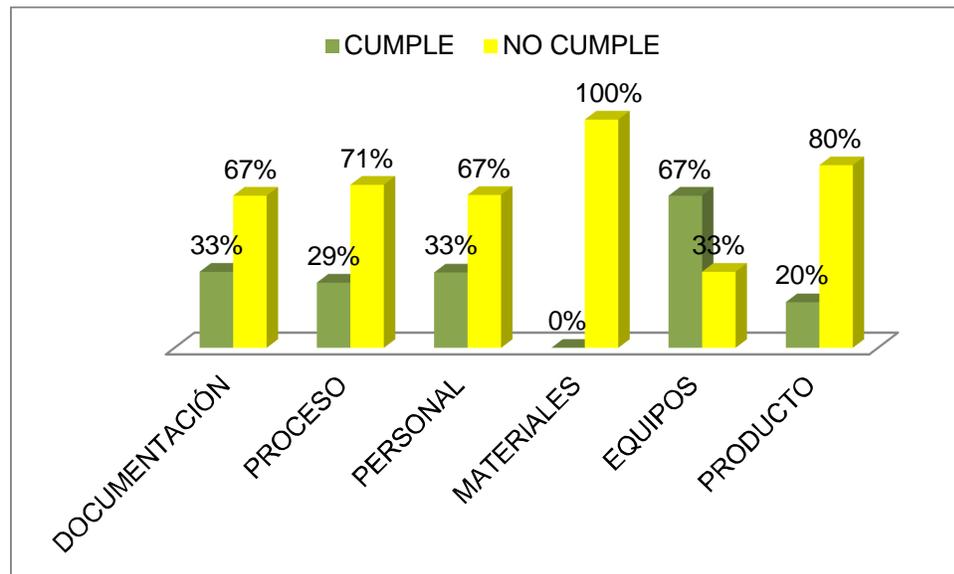
Grafico 1. Resultado general lista de chequeo



Fuente: El autor.

A continuación se presenta el grado de cumplimiento de los requisitos por cada una de las categorías evaluadas:

Grafico 2. Cumplimiento por categoría



Fuente: El autor.

Analizando el resultado de la lista de chequeo se evidenciaron oportunidades de mejora y necesidades de fortalecimiento para cada una de las categorías evaluadas como se muestra a continuación:

Documentación:

- Documentar, implementar y mantener un procedimiento para el proceso de soldadura.
- Documentar, implementar y mantener un procedimiento de inspección y ensayo.
- Documentar, implementar y mantener un procedimiento de líquidos penetrantes.
- Documentar un plan de inspección y ensayo.
- Actualizar y documentar los registros que evidencien la realización del producto.

Proceso:

- Divulgar las normas, códigos y requisitos aplicables al proceso de soldadura.
- Calificar el proceso de soldadura.

Personal:

- Definir en el perfil del soldador la formación requerida.
- Validar la competencia del personal que interviene en el proceso.
- Calificar a los soldadores mediante el ente competente.
- Contratar un inspector de calidad con la competencia definida.

Materiales:

- Incluir en el procedimiento de Compras los requisitos de compra de los materiales.
- Implementar un mecanismo de inspección para asegurar que el material que se compre cumpla con los requisitos.

Equipos:

- Fortalecer y dar cumplimiento al programa de mantenimiento.
- Calibrar los equipos de soldadura.

Producto:

- Implementar un mecanismo de liberación del producto a la siguiente etapa del proceso.
- Establecer las actividades requeridas de verificación, validación, seguimiento, medición, inspección y ensayo del producto.

9.5. DOCUMENTACIÓN

Una vez obtenidos los resultados de la lista de chequeo se determinó la importancia de documentar, implementar y mantener el P-P-12 Procedimiento de Ensamble y Soldadura (**ANEXO B**), es por ello que junto con el líder del proceso, soldadores y ayudantes de proceso se hizo la descripción detallada para fabricar la plataforma, paredes, divisiones internas, cubierta, escaleras y trípodes, relacionando las materias primas e insumos para cada actividad; adicionalmente se identificaron las variables a controlar (dimensiones, trazos, espesores, porosidades voltaje, amperaje, apariencia) en cada una de las etapas con el fin de verificar el cumplimiento de los requisitos y/o especificaciones; se relacionan los elementos de protección individual y las responsabilidades del personal que interviene en el proceso. Así mismo se realizó un cuadro anexo donde se relacionan los parámetros para soldar, en el que se identifica cada tipo de unión a soldar, tipo de soldadura (Filete, A tope), posición (Plano, horizontal, vertical, sobre cabeza), WPS (especificación de procedimiento), amperaje, voltaje y equipo a utilizar.

En el procedimiento se relacionan los formatos que proporcionan evidencia de la realización del producto, dentro de los cuales se encuentra el P-F-04 Dossier de Fabricación (**ANEXO C**) el cual fue actualizado e implementado debido a que no se estaba diligenciando por ser un documento muy extenso y se solicitaba información que no era relevante para el proceso. En este formato se registra que equipo se está fabricando, serial, fecha de inicio, etapa del proceso (corte, soldadura, forraje, electricidad, pintura etc.), actividad realizada, materiales, lote o la colada del material, cantidad de material, responsable de la actividad, tiempo de ejecución, observaciones para consignar defecto en el material, daño en el equipo o un atraso en producción y las pruebas de calidad realizadas para liberar el producto a la siguiente etapa del proceso.

Con el propósito de verificar el cumplimiento de los requisitos y/o especificaciones del producto, se documentó el P-P-24 Procedimiento de Inspección y Ensayo **(ANEXO D)**, en el cual se describen los lineamientos para realizar las inspecciones del proceso de soldadura, contemplando el alistamiento de materiales, armado de la estructura y armado de accesorios, se establecen los lineamientos de seguridad y los responsables del proceso.

Como complemento al procedimiento mencionado anteriormente se diseñó el Plan de Inspección y Ensayo **(ANEXO E)**, con el propósito de determinar el proceso, actividad, procedimiento que aplica, variables a controlar en cada etapa del proceso (especificaciones, dimensiones, espesores, cantidad, porosidades, apariencias etc.), equipo de medición y/o control, criterio de aceptación y/o rechazo, frecuencia (intervalo de tiempo) y el porcentaje (%) de muestreo, la persona encargada de velar que cada etapa del proceso se cumpla y se referencia el documento donde se registra el resultado de la inspección.

Para realizar la inspección al proceso de soldadura se definió un ensayo no destructivo mediante líquidos penetrantes, el cual permite detectar discontinuidades abiertas a la superficie en los cordones de soldadura, para llevar a cabo este método se documentó el P-P-18 Procedimiento de Inspección de Líquidos Penetrantes **(ANEXO F)** describiendo la aplicación, preparación de la superficie a inspeccionar, aplicación de la tinta penetrante, eliminación del exceso de la tinta penetrante, aplicación del revelador, inspección final de la pieza y criterios de aceptación. Dicha inspección debe quedar registrada en el formato P-F-18 Reporte de Líquidos Penetrantes **(ANEXO G)**.

9.6. PROCESO

Existen numerosos códigos y estándares que rigen las actividades de soldadura, cada uno enfocado en un sector particular de la industria; Algunos códigos están limitados por el tipo de material que manejan, otros por las condiciones operativas de la estructura o ensamble.

De acuerdo a los materiales y condiciones operativas de la estructura que ensambla KNO ENVIRONMENTAL SOLUTIONS LTDA se identificaron los códigos que aplican:

- **AWS D1.1:** Structural Welding Code . Steel (Código de Soldadura Estructural . Acero): Este código está escrito para acero al carbono y de baja aleación, en espesores mayores a 3mm (1/8") y con resistencia a la cedencia hasta 690MPa (100 ksi).
- **AWS D1.3:** Structural Welding Code - Sheet Steel (Código de Soldadura Estructural . Láminas): Este código aplica para la soldadura de acero al carbono de 4.5mm (3/16") o menor, ya sea negro o galvanizado.

Una vez identificados los códigos, se determinó la necesidad de calificar el procedimiento de soldadura MIG, así como la habilidad de los soldadores; Por tanto se seleccionó al proveedor West Arco para realizar este proceso. Siendo una compañía que brinda soluciones integrales en unión y cortes de materiales, con experiencia de más de 55 años en el mercado nacional e internacional. La compañía cuenta con un amplio reconocimiento y liderazgo en el mercado gracias a su amplio portafolio y a la alta calidad de los productos y servicios. Actualmente

soldaduras West Arco está organizada en varias unidades de negocio especializadas para brindar soluciones eficientes a la industria.

Para iniciar con la calificación de los procedimientos se estableció el P-F-13 Especificación procedimiento WPS (**ANEXO H**), donde se describen las variables esenciales y no esenciales del procedimiento:

- **Diseño de Junta:** Se debe indicar que tipo de unión (V o a Tope), el tipo de soldadura (Filete o ranura), simple, doble, ángulo de ranura, material de soporte, limpieza de raíz y método de limpieza.
- **Material Base:** Se requiere la especificación del material, el número de grupo, el espesor, el grado y el diámetro.
- **Características Eléctricas:** Se determina el modo de transferencia y el tipo de corriente.
- **Técnica:** Se indica la temperatura del precalentamiento del material a soldar, la progresión (ascendente o descendente), si se debe hacer limpieza entre pases y con qué método se hace la limpieza.
- **Metal de Aporte:** Se requiere la especificación y clasificación AWS y definir si se usara electrodo revestido o alambre sólido.
- **Protección:** Se indica el tipo de gas a emplear, su composición y la velocidad de flujo.
- **Procedimiento de Soldadura:** Se define el número de pases, el

proceso (GMAW, GTAW, SMAW etc.), la posición (1F, 2F, 3F, 4F, 1G, 2G, 3G, 4G), el material de aporte (clase y diámetro), la corriente (tipo, polaridad, amperaje y voltaje), velocidad de alambre, velocidad de avance y un detalle de la unión y secuencia de la soldadura (dibujo).

A partir de la identificación de las variables que se presentan en el proceso de soldadura, se establecieron los procedimientos relacionados en la tabla 6 que fueron descritos en el formato P-F-13 Especificación procedimiento, que es el requisito con que se rige el soldador para su calificación.

Tabla 4: Procedimientos a Calificar

WPS	CODIGO	POSICIÓN
1	AWS D1.1M	3F
2	AWS D1.3M	4F
3	AWS D1.3M	3F
4	AWS D1.3M	2F
5	AWS D1.3M	1G

Fuente: El autor

Se construyen las especificaciones de los procedimientos de soldadura WPS (**ANEXO I**) para revisión por parte de West Arco y así validar e iniciar con la calificación, una vez validado el WPS los soldadores alistan las probetas acorde a las dimensiones reglamentadas en el código, donde se estipula la forma final de la unión soldada para así evaluar la efectividad de la soldadura.

Se realizan las pruebas de soldadura bajo la supervisión del inspector de West Arco, quien hace una inspección visual para validar la conformidad de las especificaciones del procedimiento, posteriormente se envía al laboratorio para evaluar las técnicas de soldadura.

Una vez realizadas las pruebas West Arco emite el PQR (registro de calificación), documento que valida y respalda el WPS el cual contiene todos los detalles de los parámetros enumerados como variables esenciales y no esenciales definidas en el mismo y es donde se valida que las soldaduras cumplen con la especificación.

Como resultado la empresa califico los siguientes procedimientos:

Tabla 5: Procedimientos Calificados PQR (ANEXO J)

WPS	CODIGO	POSICIÓN	PQR
1	AWS D1.1M	3F	P-14335-5
2	AWS D1.3M	4F	P-14350-6
3	AWS D1.3M	3F	P-14350-8
4	AWS D1.3M	2F	P-15008-4
5	AWS D1.3M	1G	P-14350-7

Fuente: El autor.

9.7. PERSONAL

Los perfiles de cargo de KNO ENVIRONMENTAL SOLUTIONS LTDA son un método de recopilación de requisitos, características generales y particulares que se define mediante un análisis y descripción del puesto de trabajo y que son exigidos para cumplimiento satisfactorio de las funciones y responsabilidades de un empleado dentro de la compañía, dentro de los cuales se especifica la siguiente competencia:

- **Educación:** Estudios mínimos que una persona debe tener para determinado trabajo.
- **Formación:** Conocimientos adicionales que son necesarios para desempeñar las actividades de un trabajo.

- **Habilidades:** Aptitud innata por parte de un individuo para ejecutar una tarea.
- **Experiencia:** Es la adquirida en la compañía y/o en otras compañías y que están relacionadas con el cargo.

Como resultado del diagnóstico, se evidencio que no está definida la formación que se requiere para el cargo de soldador, por lo que hizo necesaria la actualización del RH-F-01 Perfil de cargo y manual de funciones (**ANEXO K**).

Una vez actualizado el perfil de cargo y manual de funciones del soldador, se validó que el personal activo cumpliera con lo establecido obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 6. Competencias Soldadores

N°	TRABAJADOR	E	F	EXP	H
1	Luis Alfonso Fresneda	C	NC	C	C
2	Milton Urian	C	NC	C	C
3	Víctor Gómez	C	NC	C	C
4	Fredy Morales	NC	NC	C	C
5	Jorge Pedraza	C	NC	C	C
6	Carlos Tapiero	C	NC	C	C

E: Educación **F:** Formación **EXP:** Experiencia **H:** Habilidades

C: Cumple **NC:** No Cumple

Fuente: El autor

Como factor común se evidencia que los soldadores no cumplen con la formación establecida, por tanto se dio inicio al proceso de calificación.

9.7.1. Capacitación del personal

Con el propósito de fortalecer el conocimiento del personal que interviene en el proceso de soldadura, a lo largo del segundo semestre del año 2014 se realizaron capacitaciones dirigidas por los profesionales de la compañía, orientadas al personal de soldadura en temas como unidades de medidas, inspecciones de control de calidad y metrología. **(ANEXO L)**

9.7.2. Calificación del Personal

El ejercicio de calificación de soldador busca establecer la aptitud de la persona para llevar a cabo soldaduras que cumplan con los requisitos de calidad mínimos impuestos por el código o estándar bajo el cual se esté trabajando. La forma en que códigos y estándares apuntan hacia este objetivo es mediante la evaluación de soldaduras hechas por el soldador bajo condiciones específicas.

La soldadura de calificación debe ser ejecutada de acuerdo al WPS (Welding Procedure Specification o Especificación del Procedimiento de Soldadura) previamente calificado. Una vez concluida, la prueba será evaluada de acuerdo a métodos de inspección y criterios de calidad establecidos. El resultado de este ejercicio es un documento en el cual se registran las variables utilizadas en la calificación y las condiciones de trabajo bajo las cuales el soldador puede desarrollar soldaduras de producción.

La evaluación debe ser dirigida por un inspector de soldadura calificado, quien determina, si los materiales, las posiciones al momento de soldar, los tiempos de desempeño, y la calibración del equipo están siendo manejados adecuadamente

por el soldador, variables que determinaran su competencia y grado de desempeño.

Para calificar a los soldadores la metodología a seguir es muy similar a la de elaboración y calificación del procedimiento de soldadura, con la diferencia que la calificación de los soldadores se centra en demostrar que tiene la capacidad y habilidad de ejecutar una soldadura en determinada posición y acorde a las especificaciones dadas en el procedimiento.

Lo primero es identificar y definir la necesidad de calificación en cuanto al proceso, la posición y el tipo de soldadura

Tabla 7. Necesidad de calificación de soldadores.

CALIFICACIÓN SOLDADORES	
CODIGO	POSICIÓN
AWS D1.1M	3F
	2F
AWS D1.3M	1G
	2F
	3F
	4F

Fuente: El autor.

Una vez definida la necesidad de calificación, los soldadores alistan las probetas acorde a las dimensiones especificadas en el código; cada soldador debe presentar dos probetas por cada posición en la que tenga que calificarse.

Las probetas pasan por una inspección visual realizada por el inspector de West Arco, para luego ser enviadas al laboratorio para realizarle los respectivos ensayos y emitir el informe.

Para obtener la calificación se debe cumplir con los siguientes requerimientos:

a) Criterio de aceptación visual: se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La soldadura debe presentar una apariencia uniforme
- Debe estar libre de solapes, fisuras y socavaciones mayores a 1mm
- No deberá presentar porosidades visibles en la superficie de la soldadura.
- Verificar el control en la preparación de la junta a soldar.
- Verificar las condiciones operativas de los equipos de soldadura (Calibrados).
- Calidad de cordón de soldadura de raíz.
- Limpieza entre pases.
- Apariencia final de la soldadura.

b) Criterio de aceptación mecánica: Se debe obtener la conformidad con cualquiera de los ensayos:

- Rotura: Se somete la probeta a una carga creciente hasta romperla, permite detectar defectos tales como sopladuras, inclusiones de escoria, falta de fusión, falta de penetración.
- Macro ataque: La sección será pulida y luego atacada con una solución adecuada que permita revelar en forma clara el perfil de soldadura.
- Doblamiento: La sección será pulida y redondeada en las aristas paralelas al eje longitudinal, se ejerce una fuerza que tiende a curvar el eje longitudinal.

Se envían las probetas al laboratorio para que según el código, tipo de soldadura, tipo de junta y tipo de posición se efectúe el ensayo de la siguiente manera:

Tabla 8. Tipo de Ensayo

PROBETAS DE CALIFICACIÓN			PRUEBA			N° WPS	POSICIÓN	SOLDADOR
CODIGO	TIPO DE SOLDADURA	TIPO DE JUNTA	ROTURA	MACRO ATAQUE	DOBLADO			
AWS D1.1	FILETE	T		X		1	3F	Fredy Morales
AWS D1.3	FILETE	T	X			3	3F	
AWS D1.3	RANURA	TOPE			X	5	1G	Víctor Gómez
AWS D1.1	FILETE	T		X		1	3F	
AWS D1.3	FILETE	T	X			2	4F	Milton Urian
AWS D1.3	FILETE	T	X			2	4F	
AWS D1.3	RANURA	TOPE			X	5	1G	Luis Fresneda
AWS D1.1	FILETE	T		X		1	3F	
AWS D1.1	FILETE	T		X		1	3F	Carlos Tapiero
AWS D1.3	FILETE	T	X			2	4F	
AWS D1.3	RANURA	TOPE			X	5	1G	

Fuente: El autor

West Arco entrega los resultados junto con el informe del ensayo, donde se registra la información del cliente, las características de la unión (espesor, diámetro, WPS, tipo de proceso, tipo de junta, metal de aporte, posición, progresión y nombre del soldador), geometría de la probeta (identificación de la probeta, tipo de pase, tamaño de la soldadura, espesor del cordón, dimensiones de la probeta), la norma del ensayo y los resultados del ensayo, una vez se recibe este informe se procede a elaborar por parte del inspector de calidad el WPQ P-F-20 Registro de calificación de soldador (**ANEXO M**), que es un documento que se usa para registrar a los soldadores que han sido calificados y contiene la siguiente información:

- Datos generales del soldador
- Diseño de unión.
- Metal base.
- Recubrimiento.
- Posición de soldadura.
- Protección.
- Metal de aporte
- Variable actual usada y rango de calificación.
- Resultados de inspección visual.

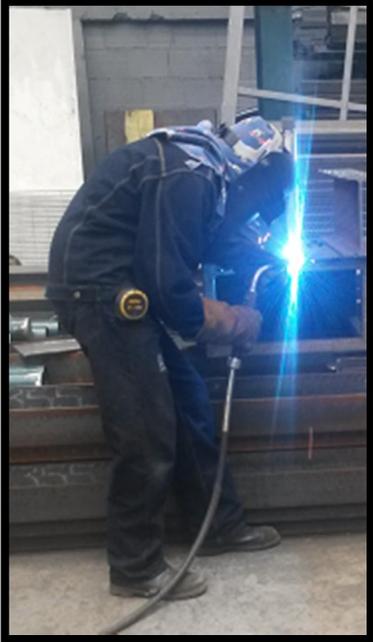
A continuación relaciono el personal que se calificó:

Tabla 9. Calificación de soldadores

CALIFICACIÓN SOLDADORES											
COD	POSICION	SOLDADORES									
		VICTOR GOMEZ	N° WPQ	LUIS FRESNEDA	N° WPQ	FREDY MORALES	N° WPQ	CARLOS TAPIERO	N° WPQ	MILTON URIAN	N° WPQ
AWS D1.1	3F	SI	02	SI	03	X	N/A	X	N/A	SI	01
	2F	SI		SI		X		X		SI	
AWS D1.3	1G	SI	08	X	N/A	X	N/A	SI	10	SI	09
	2F	SI	05	SI	06	SI		X	N/A	SI	04
	3F	X	N/A	X	N/A	SI	07	X	N/A	X	N/A
	4F	SI	05	SI	06	X	N/A	X	N/A	SI	04
		ANEXO N		ANEXO O		ANEXO P		ANEXO Q		ANEXO R	

Fuente: El autor

Tabla 10. Evidencia del proceso de calificación

EVIDENCIA DEL PROCESO	
	
Soldadura	Resultado Probeta
	
Inspección visual (Inspector West Arco)	Probetas a Laboratorio (Ensayo mecánico)

9.7.3. Inspector de Calidad

La empresa ha identificado la necesidad e importancia de involucrar a la compañía un inspector de calidad con el fin de garantizar la calidad de los productos fabricados, controlando las variables en cada una de las etapas del proceso de producción. Razón por la cual se inició el proceso de selección y contratación del inspector de calidad bajo el P-F-01 Perfil de cargo y manual de funciones para el inspector de calidad **(ANEXO S)**.

En el proceso de selección se evidencia que el aspirante no cumple al 100% con la competencia requerida ya que no tiene la formación de inspector de líquidos penetrantes Nivel II, aun así la empresa asume la responsabilidad y lo contrata bajo el compromiso de brindar la formación necesaria para cumplir con el requerimiento, por lo cual una vez vinculado a la empresa realiza curso con el instituto de soldadura de West Arco. **(ANEXO T)**

9.8. MATERIALES

9.8.1. Requisitos de Compra

Teniendo en cuenta el CO-P-03 Procedimiento de compras **(ANEXO U)**, se realizó una revisión desde el punto de vista de requisitos de compra, en el cual se evidencio la ausencia de dichos requisitos, razón por la cual se hizo necesaria la identificación y clasificación de todos los materiales e insumos que intervienen en el proceso de soldadura y que afectan la conformidad del producto para relacionar a cada uno de ellos el requisito de compra, para que la empresa pueda adquirir el producto, y garantice la conformidad del mismo.

Los materiales que intervienen en el proceso se han identificado y clasificado de la siguiente manera:

Tabla 11. Clasificación de Materiales

GRUPO	MATERIAL
MATERIAL ESTRUCTURAL	Viga IPE 240
	Tubo cuadrado estructural de 40*80mm
	Tubo cuadrado estructural de 40*40mm
	Tubo HR 4+Schedule 60
	Tubo estructural de 1+* 1+
	Angulo de 1 ½+en 3/16
	Maya IMT 100 V7
	Tubo cuadrado de 10*10mm en 3mm
LÁMINAS	Lamina HR 3 mm
	Lamina HR ½+
	Lamina HR 3/16+
	Lamina HR 3/8+
ACCESORIOS ESTRUCTURALES	Chapa perforada
	Tornillería
INSUMOS DE SOLDADURA	Soldadura ER70S-6
MEZCLA	Agamix (85% Argón . 15% CO ²)

Fuente: el autor

Los requisitos de compra se encuentran en el CO-P-01 Anexo 1 Requisito para compra de productos (**ANEXO V**) relacionado en el procedimiento de compras.

9.8.2. Inspección de Materiales

Se documentó e implementó un mecanismo de inspección detallado en el CO-P-02 Procedimiento de recepción de materiales (**ANEXO W**) que consta básicamente de registrar e inspeccionar todo el material que ingrese en el formato CO-F-06 Inspección y entrada de mercancía y/o materiales (**ANEXO X**), donde quedara consignado el número del ingreso, fecha, proveedor, descripción del producto, referencia, N° de remisión, N° orden de compra, proyecto para el que se compró el material, cantidad recibida, firma de quien recibe, método de inspección realiza (visual, dimensional, compartido etc.) y el estado del producto (aceptado, con restricción, rechazado) bajo los siguientes equipos y/o documentos.

Tabla 12. Inspección de materiales

	MATERIAL	EQUIPO/DOCUMENTO
MATERIAL ESTRUCTURAL	Tubo cuadrado de 10*10mm en 3mm Maya IMT 100 V7 Angulo de 1 ½+en 3/16 Tubo estructural de 1+* 1+ Tubo HR 4+Schedule 60 Tubo cuadrado estructural de 40*40mm Tubo cuadrado estructural de 40*80mm	Flexómetro, Pie de rey, especificaciones, cantidad, certificado de calidad.
LAMINAS	Lamina HR 3 mm Lamina HR ½+ Lamina HR 3/16+ Lamina HR 3/8	Flexómetro, Pie de rey, especificaciones, cantidad, certificado de calidad.
ACCESORIO ESTRUCTURAL	Tornillería Chapa perforada	Pie de rey, especificaciones, cantidad

INSUMOS DE SOLDADURA	Soldadura ER70S-6	Referencia
MEZCLA	Agamix (85% Argón . 15% CO ²)	Referencia Hoja de Seguridad

Fuente: El autor

El inspector de calidad, el almacenista o el líder de cuadrilla, son las personas responsables y encargadas de realizar la inspección del material.

9.9. EQUIPOS

9.9.1. Programa de Mantenimiento

Ya que los equipos y herramientas se consideran activos de creciente importancia para la empresa, se vio la necesidad de fortalecer el programa de mantenimiento **(ANEXO Y)**, con el fin de hacer un control efectivo para su utilización. Por lo anterior y junto con el líder de mantenimiento se da inicio al control y seguimiento a cada una de las actividades y equipos (equipos de soldadura, taladro, tronzadora, sierra, oxicorte, pulidoras etc.), dejando los registros pertinentes de los mantenimientos preventivos y correctivos.

En el programa de mantenimiento se definió la periodicidad con que se deben realizar los mantenimientos preventivos, para así mismo establecer las fechas en que se deben ejecutar las actividades; En el programa también se deben registrar los mantenimientos correctivos que se realicen.

Tabla 13. Periodicidad mantenimientos

EQUIPO	PERIODICIDAD
Equipo de soldadura TIG	6 Meses
Equipo de soldadura MIG	3 Meses
Equipo de soldadura revestida	3 Meses
Rotosfera	3 Meses
Taladro radial	3 Meses
Tronzadora	3 Meses
Sierra sinfín	3 Meses
Oxicorte	2 Meses
Equipo de corte con plasma	6 Meses
Pulidora	3 Meses
Sierra circular	4 Meses
Esmeril	2 Meses
Roladora	6 Meses

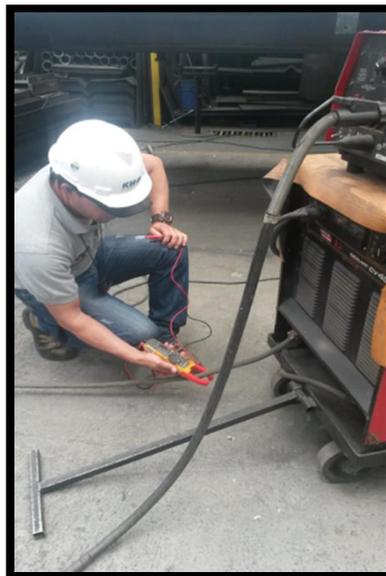
9.9.2. Calibración equipos de soldadura

Como requisito para calificar los procedimientos de soldadura y la habilidad de los soldadores, los equipos de soldadura (MIG) deben estar calibrados y certificados por un ente avalado; sin embargo se evidencio que los equipos no contaban con el certificado de calibración, razón por la cual se inició el proceso de selección de proveedores para calibrar los equipos.

Una vez se seleccionó el ente certificador, se programó la visita técnica para ejecutar las tareas de verificación y calibración de los equipos realizando el siguiente procedimiento:

- Verificar que la maquina este ubicada en el sitio adecuado, donde el flujo de aire transite libremente (entrada por la parte de atrás, salida por la parte de frente).
- Verificar si los cables están conectados a la máquina de manera adecuada y buenas condiciones.
- Verificar las condiciones internas de la maquina tales como: hélice, motor, conexiones eléctricas, identificadores de polaridad, amperaje y voltímetro.
- Ajustar el regulador de corriente al límite menor de la escala y ajustar la pinza voltiamperimetrica en la escala adecuada.
- Producir el arco voltaico y mantener la soldadura, efectuando la lectura de la corriente. (3 lecturas).
- Se considera satisfactoria la máquina de soldadura que obtenga desviaciones en su corriente entre los valores reales (Pinza Voltiamperimetrica) y nominales (Selector de la máquina) en 15%.

Figura 8. Calibración Equipo soldadura



El ente certificador emite el informe del estado del equipo junto con la certificación. **(ANEXO Z)**. A continuación relaciono los equipos que fueron calibrados:

Tabla 14. Calibración Equipos

COD. INTERNO	SERIAL	MARCA	MODELO	N° CERTIFICADO
0002	A86997	CEBORA	MIG 253	BTA 1411001
0005	11354U1100905005	CEBORA	5550-T	BTA 1411002
0009	U1061103949	LINCONL ELECTRIC	CV 305	BTA 1411003
0010	U1080711576	LINCONL ELECTRIC	CV 305	BTA 1411004
0011	U1100705644	LINCONL ELECTRIC	CV 305	BTA 1411005
0016	M1080775030	LINCONL ELECTRIC	MIGWELD 260 D	BTA 1411006
0017	M3100802709	LINCONL ELECTRIC	MIGWELD 260 D	BTA 1411007
0018	M1081175020	LINCONL ELECTRIC	MIGWELD 260 D	BTA 1411008
0026	U110090509	LINCONL ELECTRIC	CV 400	BTA 1411009
0027	U1100501689	LINCONL ELECTRIC	CV 400	BTA 1411010

Fuente: Certificados de calibración

9.10. PRODUCTO

Como plan de mejora se implementó un mecanismo de liberación de producto a la siguiente etapa del proceso mediante el P-F-04 Dossier de Fabricación **(ANEXO C)**, que consiste en revisar y validar que la información que se consigna en el formato (actividad, materiales, lote/colada, cantidad, responsable, tiempo, observación y pruebas de calidad) que asegure la conformidad del producto.

En ese formato también se registran las pruebas de calidad que realiza el inspector de calidad al producto, siendo para el proceso de soldadura P-F-18 Reporte de líquidos penetrantes (**ANEXO G**) y P-F-23 Reporte de inspección visual y dimensional de soldadura (**ANEXO AA**), estos registros deben ser anexados al Dossier de fabricación para que el Coordinador de producción libere el producto a la siguiente etapa del proceso. De no cumplir a satisfacción con las pruebas, se deben hacer los arreglos pertinentes hasta lograr la conformidad.

En el Plan de inspección y ensayo (**ANEXO E**) se tienen establecidas las actividades requeridas de verificación, validación, seguimiento, medición, inspección y ensayo que se debe realizar al producto en cada etapa del proceso.

9.11. COSTO DEL PROYECTO

A continuación se presentan los costos generados en la implementación del plan de mejoramiento para el proceso de soldadura en la fabricación de unidades de campamentos en KNO ENVIRONMENTAL SOLUTIONS LTDA.

Tabla 15. Costos del proyecto

No.	DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL
1	Documentación	
1.1	Papel	\$ 11.000,00
1.2	Tinta	\$ 11.000,00
2	Personal	
2.1	Capacitación inspector líquidos penetrantes	\$ 1.300.000,00
2.2	Calificación de soldadores	\$ 16.836.000,00
2.3	Contratación inspector de calidad / mes	\$ 3.077.978,00
3	Proceso	
3.1	Calificación del procedimientos	\$ 7.320.000,00
4	Equipos	
4.1	Mantenimiento de equipos	\$ 30.000,00
4.2	Certificación equipos de soldadura	\$ 2.200.000,00
5	Control de calidad	
5.1	Adquisición de tintas penetrantes	460.000,00
5.2	Adquisición de elementos de medición (Flexómetro, Decámetro, Escuadra, etc.	352.663,00
5.3	Pinza voltiamperimetrica	583.578,60
	TOTAL	\$ 32.182.219,00

Fuente: El autor

10. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el diagnóstico inicial realizado al proceso de soldadura en la empresa KNO ENVIRONMENTAL SOLUTIONS LTDA, se evidenció el 34% de incumplimiento entre los diferentes factores evaluados (documentación, proceso, personal, materiales, equipo, y producto), sin embargo y posterior a la implementación del plan de mejoramiento se logró incrementar este porcentaje al 93% de cumplimiento.

La documentación relacionada con el proceso de soldadura presentaba un avance del 33% de acuerdo a los requisitos evaluados, los cuales se basaron en el cumplimiento de la norma ISO 9001:2008; por tanto se hizo necesario fortalecer esta necesidad a través de la documentación e implementación de: P-P-12 Procedimiento de ensamble y soldadura, P-P-24 Procedimiento de inspección y ensayo, P-P-23 Procedimiento de líquidos penetrantes y plan de inspección; logrando así un cumplimiento del 100% de los requisitos evaluados los cuales contribuyen a mejorar la eficiencia del proceso y la preservación del conocimiento.

Una de las más significativas oportunidades de mejora en el proceso de soldadura, se centró en la calificación de los procedimientos de soldadura evidenciada en los PQR y la calificación de la habilidad de los soldadores evidenciada en los WPQ, ya que además de mejorar el proceso y aumentar la competencia en la mano de obra, trasciende a mejorar la competitividad de la compañía puesto que las unidades de campamento se fabrican bajo el cumplimiento de requisitos normativos.

Con el propósito de garantizar la conformidad del producto, se generó un mecanismo de liberación a la siguiente etapa, documentando e implementando el

formato P-F-04 Dossier de fabricación el cual permite evidenciar las etapas de verificación, validación, seguimiento, medición, inspección y ensayo que se realiza al producto definido en el plan de inspección y ensayo, logrando con esto reducir el producto no conforme y aumentar la satisfacción del cliente.

11. RECOMENDACIONES

- Con el propósito de permanecer en los mercados y garantizar una buena participación es importante iniciar el proceso de implementación y certificación de la compañía bajo la norma ISO 9001:2008.
- Diseñar un plan de trabajo que permita realizar constante seguimiento a la implementación de los procedimientos P-P-12 Procedimiento de ensamble y soldadura, P-P-24 Procedimiento de inspección ensayo, P-P-23 Procedimiento de líquidos penetrantes y plan de inspección y ensayo.
- Realizar auditorías al proceso de recursos Humanos con el fin de garantizar que el personal que se vincule al proceso de soldadura cuente con la competencia establecida.
- Continuar fortaleciendo el proceso de capacitación al personal que interviene en el proceso de soldadura y divulgar al personal los códigos y normas aplicables al proceso de soldadura a fin de cumplir al 100% con los requisitos aplicables del diagnóstico realizado.
- Utilizar el modelo planteado para lograr la calificación de los procedimientos de soldadura y calificación de la habilidad de los soldadores para los procesos de GTAW (TIG . acero inoxidable) y SMAW (Revestida).
- Generar planes de acción cuando se detecte producto no conforme dentro de proceso y de esta manera garantizar la conformidad del producto.

12. BIBLIOGRAFIA

JEFFUS, Larry, ROWE, Richard. Manual de soldadura GMAW (MIG-MAG). Edición 1. Madrid, España: Cengage Learnig Paraninfo, S.A. 2008.

JEFFUS, Larry. Manual de Soldadura GTAW (TIC). Edición 1. Madrid, España: Cengage Learnig Paraninfo, S.A. 2010.

PAZOS PEINADO, Norma. Tecnología de los metales y proceso de manufactura. Edición 1. La vega, Caracas. 2006.

MARIN VILLAR, Camilo. Soldadores: Cada vez se necesitan más y mejor capacitados. En: Revista Metalactual. Vol 12.

NIEBLES, Enrique, ARNEDO, William. Procedimiento de soldadura y calificación de soldadores: una propuesta de enseñanza y guía de aplicación para la industria. Barranquilla, Colombia. 2009. 30. Universidad autónoma del Caribe, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Mecánica.

LOUREIRO, Mario. Manual de soldadura y catálogo de productos. OERLIKON y EXSA. Edición 6.

Diseño para la fabricación y ensamble de productos soldados. HERIBERTO E. MAURY RAMIREZ. ENRIQUE ESTEBAN NIEBLES NUNEZ. JAIME TORRES SALCEDO. Ediciones UNINORTE . BARRANQUILLA-COLOMBIA. 2009

WEST ARCO COLOMBIA. Solución integral en unión y corte de materiales.
Soldaduras West Arco. Disponible en: (<http://www.westarco.com/>)

AMERICAN WELDING SOCIETY. Disponible en: (<http://www.aws.org/>)

CUTWELD ELECTRONICS LTDA. Disponible en:
(<http://www.cutweld.com.co/web/>)