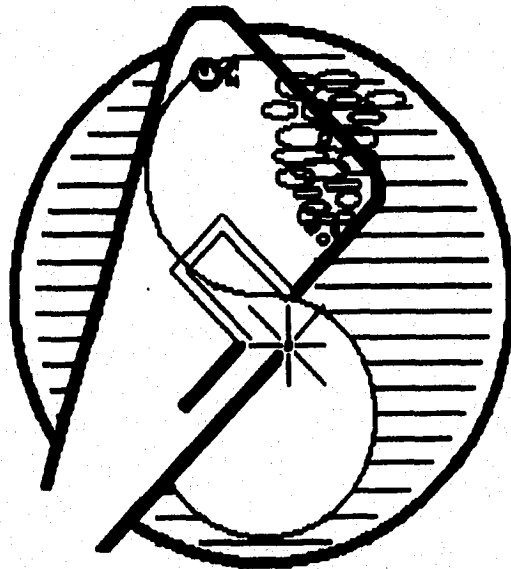




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGON



26  
24



**APLICACION DE LA SECCION IX DEL  
CODIGO ASME, AL PROCESO DE  
ENCAMISADO A TUBERIA DE GRAN  
DIAMETRO BAJO EL AGUA**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICO  
P R E S E N T A  
ROGELIO GUDIÑO MARTINEZ  
ASESOR DE TESIS: M. EN C. DANIEL ALDAMA AVALOS

MEXICO, D.F.

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**

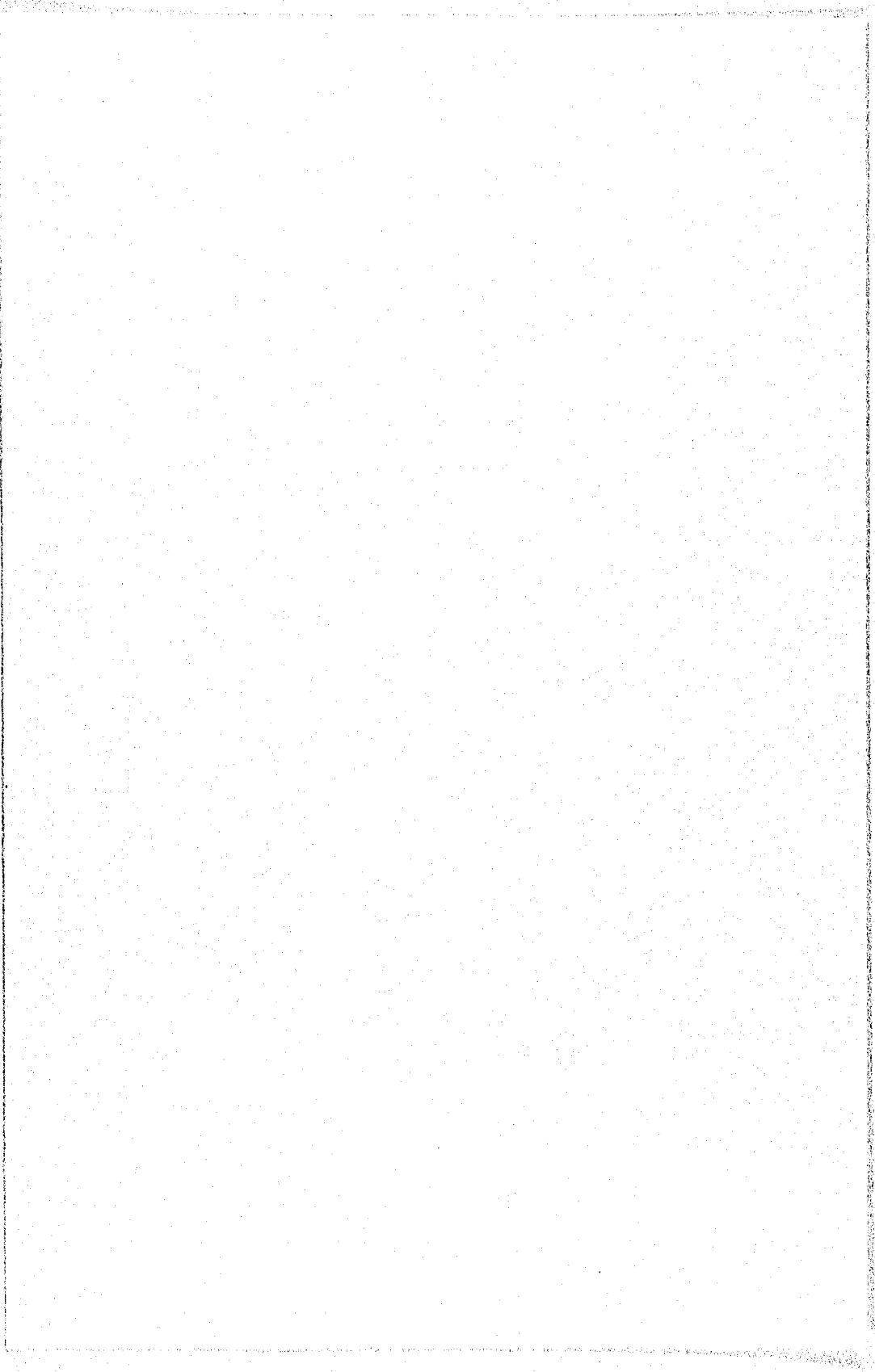


**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**DEDICO ESTA TESIS A LAS SIGUIENTES PERSONAS, QUE FORMAN PARTE IMPORTANTE EN MI VIDA :**

**A MI PADRE ROGELIO :  
POR SU APOYO MORAL Y ECONÓMICO DURANTE MI ETAPA DE ESTUDIANTE.**

**MI MADRE ELVIA :  
POR SU TERNURA Y COMPRESIÓN.**

**A MI HERMANA LUPITA :  
POR SU DULZURA Y CONSEJOS.**

**A MI HERMANA LILIANA :  
POR EJEMPLO DE FIRMEZA Y DEDICACIÓN.**

**MI HERMANA ROSARIO :  
RECORDÁNDOLE QUE DESPUÉS DE LA NOCHE LLEGA EL DÍA.**

**A MIS HERMANOS CHUCHO Y TOTO :  
POR QUE ADEMÁS DE SER MIS AMIGOS, ESPERO VERLOS REALIZADOS COMO  
HOMBRES Y PROFESIONISTAS.**

**A MIS CUÑADOS JAVIER Y GERARDO :  
POR CONSIDERARLOS COMO MIS HERMANOS MAYORES.**

**A MIS SOBRINOS DIEGO, MAHETZIN Y EDWIN :  
POR LOS MOMENTOS DE ALEGRÍA Y OCURRENCIAS QUE HEMOS COMPARTIDO.**

**CON AGRADECIMIENTO PARA MI AMIGO ALEJANDRO BECERRIL**

**INDICE.**

**INTRODUCCIÓN. .... Pag. 2**

**CAPÍTULO I PRINCIPIOS BÁSICOS DE SOLDADURA DE ARCO. .... Pag. 3**

**CAPÍTULO II ANÁLISIS DE LA SECCIÓN IX DEL CÓDIGO ASME. .... Pag. 12**

**CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENCAMISADO  
EN TUBERÍA DE GRAN DIÁMETRO. .... Pag. 19**

**CAPÍTULO IV APLICACIÓN DE LA SECCIÓN IX DEL CODIGO ASME,  
AL PROCESO DE ENCAMISADO A TUBERÍAS. .... Pag. 32**

**CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. .... Pag. 58**

**BIBLIOGRAFIA. .... Pag. 59**

## **INTRODUCCIÓN.**

Dentro de la organización de una compañía de soldadura que realice trabajos de calidad, es importante tener por escrito un documento que avale los procedimientos de soldadura realizados por esta misma, los cuales deben estar referidos al producto realizado y conforme a lo estipulado por el cliente.

Este documento, no es más que un Control de Calidad que al mismo tiempo es interno y externo para la compañía. Es interno, por que describe como realizar la soldadura conforme a códigos y especificaciones escritas en un manual de soldadura, que sigue al pie de la letra el soldador u operador. Externo, por que muestra en este documento todas las variables necesarias para llevar acabo la soldadura, garantizando al cliente que se realiza tal cómo lo pidió.

El objetivo de esta tesis, es desarrollar una propuesta para implantar un manual de procedimientos de soldadura, referente al proceso de encamisado a tuberías de gran diámetro.

Siendo este un proceso novedoso y de gran aplicación en el mantenimiento correctivo a tuberías de conducción de derivados del petróleo bajo el agua, aplicando como parametros la sección IX del código ASME y la especificación API, para líneas de tuberías 5L.

Este Manual de Procedimientos nos orienta desde la organización del personal al realizar la soldadura, en cuanto a objetivo, alcance, referencias, responsabilidades, hasta el procedimiento mismo a seguir durante el proceso.

Dentro del CAPÍTULO I, se mencionan los procesos existentes de soldadura, haciendo énfasis en la soldadura de arco, ya que ésta se utilizará en los Capítulos posteriores, refiriéndose básicamente a cómo se afecta la estructura del metal en donde se realizó y mencionando los flujos de temperatura ocurridos. También describe algunos factores, que se deben cuidar durante la realización de la soldadura.

En el CAPÍTULO II, se realiza un análisis de la sección IX del código ASME, siendo en esencia un manual de cómo manejar la información técnica, dispuesta para algún proceso en particular de soldadura. Este capítulo es de suma importancia, ya que sirvió de soporte en la realización del CAPÍTULO IV.

En el CAPÍTULO III, se describen las fallas encontradas generalmente en tuberías que ameritan reparación, y se sugiere el proceso de encamisado como medio de reparación, mencionando los beneficios al usuario, además de detallar paso a paso la realización del mismo.

En el CAPÍTULO IV, se tiene por escrito un diseño completo de cómo realizar una soldadura, apegado a la sección IX del código ASME y de la especificación API 5L. En este, se detallan las variables esenciales que intervienen, en el proceso de encamisado a tuberías, también las pruebas a que se tendrá que someter a la soldadura para su calificación, y en caso de una reparación de la misma, se menciona las pruebas a llevarse acabo para su recalificación.

El CAPÍTULO V, es una recopilación de las ideas más importantes, contenidas a lo largo del desarrollo de los CAPÍTULOS del I al IV, en los que se describe el objetivo de la tesis, para qué sirve, quién lo aplicará y los cuidados que deberán tener al llevarla a la práctica.

## CAPÍTULO I

### PRINCIPIOS BÁSICOS DE SOLDADURA DE ARCO

#### Procesos de soldadura.

El adelanto de la soldadura como método para unir piezas metálicas, tanto para la fabricación como reparaciones, ha traído consigo una serie de nuevas máquinas soldadoras, más y mejores suministros de energía, avances en los procesos para soldar. Muchos de los nuevos procesos son de índole tal, que requiere equipo especializado. Cada nuevo proceso resuelve una limitación, debilidad o problema de los procesos ya existentes (1).  
Las principales diferencias en los procesos de soldadura y el equipo creado para este fin se relaciona con :

- 1.- El uso y fuentes de calor para soldar.
- 2.- El uso y fuentes de presión para soldar.
- 3.- La forma como se protege el área de soldadura contra la contaminación por el aire ambiente.
- 4.- El tipo de soldadura para el cual es adecuada la técnica.

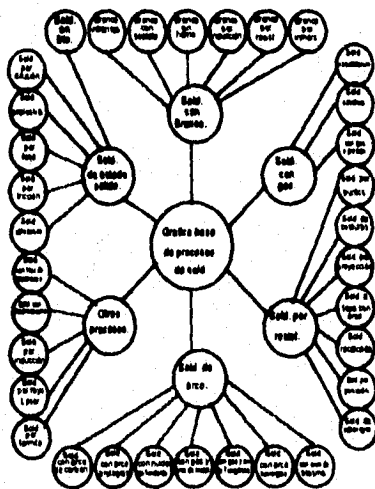


Fig. 1.1, gráfico completo de los procesos de soldadura (AWS)

Se han creado un buen número de procesos para unir diversos materiales de diferentes especificaciones, como se muestra en la figura 1.1

De manera general describiré los procesos mencionados en la figura 1.1, hasta llegar a la soldadura de arco, que es con la que trabajaremos en los capítulos II, III y IV.

#### **Soldadura de estado sólido.**

En la soldadura de estado sólido o soldadura por presión, la unión se logra con la aplicación de calor, presión o ambos, pero no se derrite la pieza de trabajo.

#### **Soldadura de resistencia.**

La soldadura por resistencia incluye los procesos en los cuales se calienta un metal al pasar una corriente eléctrica por la unión.

#### **Soldadura con gas.**

La soldadura con gas, conocida también con el nombre genérico de autógena, incluye todos los procesos en los cuales la fuente de calor es una flama de gas. La unión puede hacerse con o sin metal de aporte (Varilla), pudiendo requerir presión o no y quemándose un gas combustible como acetileno, propano, natural junto con oxígeno.

#### **Soldadura fuerte o dura.**

La soldadura fuerte es un proceso sin fusión. Es decir, el metal base no se funde durante el proceso de unión. La soldadura fuerte es un proceso que se utiliza para unir metales iguales o diferentes, mediante el uso de una aleación que tiene un punto de fusión más bajo que el de cualquiera de los metales a unir.

#### **Otros procesos de soldadura.**

Hay otros procesos de soldadura que no tienen relación directa con los antes mencionados. La mayoría son especializados y solo han logrado aplicación industrial limitada. Alguno de ellos todavía están en su etapa de perfeccionamiento y se consideran más o menos experimentales. Pero es posible que estos sean los más importantes para soldar en el futuro.

#### **Soldadura de arco.**

El calor para la soldadura de arco lo produce una corriente que salta y forma un arco entre las piezas. El arco eléctrico tiene una de las temperaturas más elevadas para soldadura, de alrededor de 4981 °C (9000 °F). El arco puede concentrarse en un punto pequeño y produce un charco de metal fundido en la unión. Al mover el arco con lentitud a lo largo de la unión, se derrite el metal y las piezas se fusionan entre sí, al solidificarse el charco se tiene la unión completa.

La soldadura de arco es un proceso dinámico, causado por las temperaturas y cambios rápidos ocurridos durante la soldadura (2).

Las regiones severas en una soldadura, son el conjunto de partes fundidas y que luego se solidifican, durante la operación de la soldadura. Esto puede ser metal base fundido, metal de aporte o una mezcla de ambos.

La zona afectada por el calor, es aquella parte del metal base adyacente a la soldadura aplicada, que tiene que ser calentada durante la operación, a una temperatura bastante alta, sufriendo cambios físicos detectables.

El cambio físico puede ser crecimiento de grano como se muestra en la figura 1.2



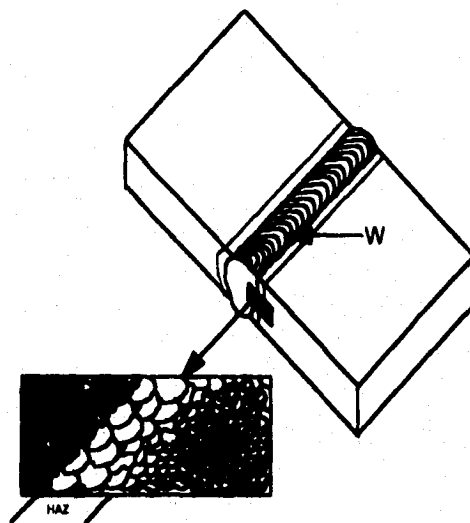


Figura 1.2, soldadura realizada en una placa de acero, mostrando el metal de soldadura (W) y el calentamiento en la zona afectada (Haz)

Las estructuras de los metales de aporte y base son representadas en la figura 1.2. Esta diferencia en las constituciones provocan tensiones internas y cada una tiene diferente conducción térmica y coeficiente de contracción lineal.

Al final cuando se enfría la soldadura, la parte que fue líquida resulta con estructura dendrítica y la parte que no se transformó en líquido tiene una estructura granular.

Otro de los aspectos interesantes, es el observar las características térmicas de los metales durante la soldadura.

Desde el punto de vista de la metalurgia práctica, las más importantes características físicas de un arco de soldadura por fusión, es el comportamiento térmico, o dicho de otra manera es la forma de los cambios de temperatura en la soldadura y en la zona afectada por el calor. Los procesos de soldadura tienen un ambiente complejo de temperaturas, con cambiar el ancho producido, varían los tratamientos térmicos en una unión soldada.

Todos los metales responden a tratamientos térmicos de cambio, variando los grados de dureza y algunas de sus propiedades.

En un empate de soldadura de arco eléctrico, el movimiento del electrodo imparte calor hacia un punto específico, como se muestra a continuación en la figura 1.3.

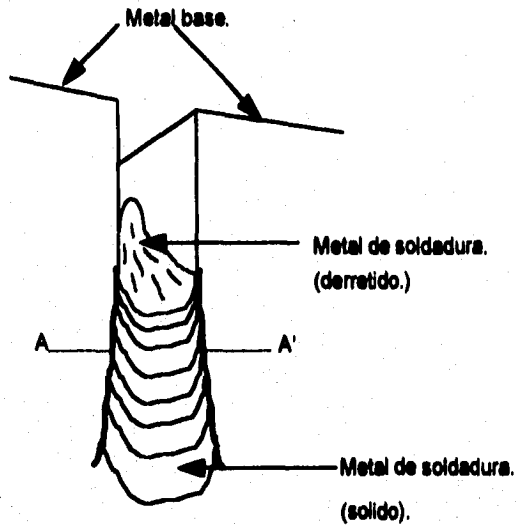


Figura 1.3, dibujo esquemático de una soldadura, mostrando el movimiento en el charco soldado.

La figura 1.3, muestra una soldadura en donde la sección A-A', puede ser examinada para observar los efectos del flujo de calor durante la aplicación de la soldadura. Una visualización de un dibujo térmico del charco de soldadura y la placa en algún instante, es mostrada en la figura 1.4.

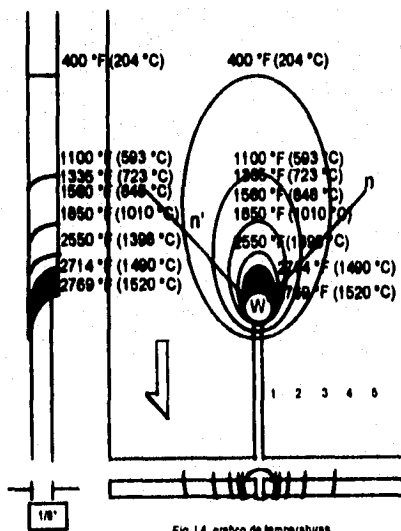


Fig 1.4, gráfico de temperaturas

En la figura 1.4, se tiene representada la variación de temperaturas en una placa de acero suave, en algún instante durante la soldadura. En donde W, es el metal líquido de la soldadura y el área sombreada es el metal que se solidifica después de haber sido aplicada esta, los límites son líquidos y sólidos con temperaturas entre 2769 °F (1520 °C) y 2714 °F (1490 °C) respectivamente. La flecha indica la dirección de la soldadura.

El porcentaje de los flujos de calor, dentro del cerco de la placa, es gobernado por muchos factores, incluyendo las propiedades físicas de la placa y el porcentaje del calor producido por la fuente. Un camino para ver el patrón del flujo de calor en una placa, es imaginar una sola sección a través de la soldadura y observar que ha sucedido ahí.

La figura 1.4, muestra líneas isotérmicas (líneas constantes de temperatura), en la placa. La variación de las temperaturas a lo largo del arco, pueden ser comparadas con las olas formadas por un bote pasando a través de un río. La línea n-n', marca la localización de las temperaturas pico en cualquier distancia de la línea de la soldadura, la longitud es tomada como temperatura pico a ser alcanzada. La figura 1.4, muestra como la ola pasa por cada punto, es decir a una temperatura pico y luego enfriada.

La experiencia de los ciclos térmicos de los puntos del 1 al 5, son expuestos en la figura 1.5, donde  $T_m$  es igual a los puntos de fusión al empezar la soldadura en el metal.

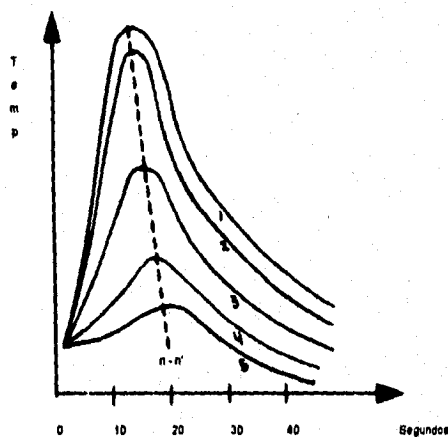


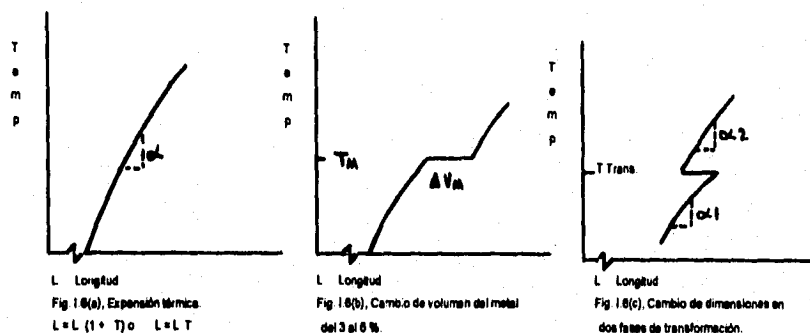
Fig 1.5. ciclos térmicos de los puntos del 1 al 5.

Otro de los puntos importantes dentro del proceso de soldadura, es el mencionar los cambios estructurales de los metales a unir, además de no olvidar lo que será un proceso posterior para la utilización del metal soldado, estos son los esfuerzos, además del recocido (2).

El cambio rápido de temperaturas que ocurren durante la soldadura son interesantes, no solo metalúrgicamente, sino porque estos causan esfuerzos y distorsiones en los metales. Diferentes regiones de una soldadura son calentadas en distintos porcentajes, con el resultado de cada expansión y contracción con un propio porcentaje.

Estos esfuerzos térmicos pueden ser suficientes para producir distorsión y causar grietas en la soldadura.

Estas son tres formas básicas de cambios de dimensiones para metales, que pueden sufrir durante el calentamiento y enfriamiento, figuras 1.6(a), 1.6(b) y 1.6(c).



El caso más frecuentemente encontrado de cambio de dimensión térmica, es una simple expansión del arreglo, representado por la figura 1.6(a).

Esto es comúnmente mencionado como expansión térmica y el grado con que ocurre es una función de la temperatura y es expresado por el coeficiente de expansión térmica. La mayoría de los materiales cuando se calientan se expanden y se contraen cuando se enfrían. El volumen de expansión es más comúnmente descrito en términos lineales que son fáciles de medir y expresar. El aumento de un metal expandido es relativo al tamaño original, interviniendo el coeficiente de expansión y el rango de temperatura sufrido. El aumento de longitud ( $\Delta L$ ), es dado por la siguiente fórmula:

$$\Delta L = L \alpha \Delta T$$

Donde:

- $\Delta L$  = Cambio de longitud (plg/plg)
- $L$  = Dimensión original (plg)
- $\alpha$  = Coeficiente de expansión (plg/plg<sup>2</sup> °C)
- $\Delta T$  = Aumento del cambio de temperatura °C (°F)

En suma esta es la forma básica de expansión y contracción, un cambio de volumen ocurre cuando se funde. Esta expansión en el punto de fusión, es brusca como se muestra en la figura 1.6(b).

El cambio de volumen es usualmente del 3 a 6 %, en la mayoría de los metales. Así cuando el metal es enfriado a temperatura ambiente por cerca del punto de fusión, es el proceso inverso y esta sufre una significativa cantidad de contracción del total.

Una última forma de cambio de dimensión puede ocurrir como resultado de fases de transformación. Esto puede ser explicado en metales que tienen una formación geométrica de átomos, que algunas veces existen en más de una formación a diferentes temperaturas. La fase de transformación ocurre en un metal particular o aleación, un cambio de volumen es usualmente asociado a causa de la formación de átomos en diferentes densidades. El resultado del comportamiento puede observarse en la figura 1.6(c), en donde se muestra el cambio de volumen.

Alcanzando la temperatura de transformación ( $T_{trans}$ ), durante el calentamiento la transformación ocurre y el metal se contrae bruscamente, (no todas las transformaciones de los metales se

contraen en el calentamiento y se expanden con el enfriamiento. Esta es una función de los cristales involucrados). Esto podría ser similarmente al expanderse durante el enfriamiento mediante la T trans. No todos los metales sufren estas transformaciones, pero lo importante comercialmente de los metales, es la estructura de los aceros.

A continuación como ejemplo, se analizara un caso de distorsión térmica. En la figura 1.7, se muestra una barra recta que será calentada en su centro por un arco de soldadura.



Fig. 1.7, Barra recta.

En la figura 1.8, se muestra al arco que penetra y la placa comienza a calentarse bajo la influencia del flujo de corriente. La parte calentada se expande.

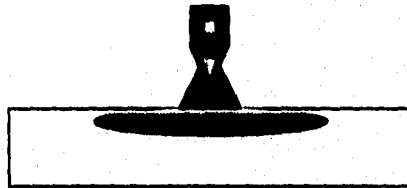


Fig. 1.8, Arco penetrando la barra.

Y, a causa de esto parcialmente limitada por la porción de la barra que no es calentada, se tienen fuerzas por lo convexo de la curvatura de la barra. Por esta causa la parte calentada es débil (parte que es actualmente líquida y es muy poco resistente), figura 1.9.

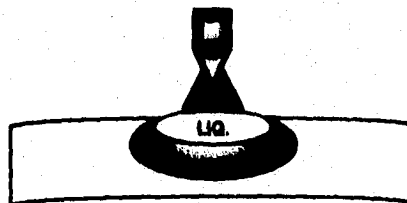


Fig. 1.9, Barra con acero líquido.

La parte calentada se deforma, como se muestra en la figura 1.10.



Fig. 1.10, Barra calentada.

Cuando el arco es extinguido o se realizan pasos, (como en la soldadura verdadera), la parte caliente se enfría y se empieza encogerse. Durante el enfriamiento, algunos flujos de calentamiento se hacen pasar dentro de la región previamente fría para calentar y templar. Ahora como el calor expande la porción al enfriarse se contrae en dirección opuesta a la de las fuerzas de deformación, esto es que se formara una barra cóncava, como se observa en la figura 1.11.



Fig. 1.11, Barra cóncava.

El término "Esfuerzos residuales", sugiere una acumulación de esfuerzos térmicos remanentes uniformes después de que la parte está completamente enfriada. Los esfuerzos pueden visualizarse como un resorte tensor a través del lado de la región de la soldadura, como se muestra en la figura 1.12.



Fig. 1.12, Barra con esfuerzos residuales.

El resorte imaginario, conserva la barra en forma torcida, y tenciona de manera indefinida, a menos que algo sea hecho para relajar esto, tal como el tratamiento térmico de relevado de esfuerzos.

Durante el relevado de esfuerzos, el material es suavizado para que luego el resorte imaginario sea relajado, tal que no contenga esfuerzos residuales la parte cuando sea usada.

En conclusión podemos decir, que la creación de esfuerzos por soldadura resulta del calentamiento no uniforme de las partes unidas, en donde estas son causas de distorsión y agrietamiento en soldaduras.

Algunos de los factores que crean los esfuerzos residuales y distorsión son :

- 1.- Coeficiente de expansión : Si dos metales son calentados o enfriados sobre algún rango de temperatura, uno con mayor grado de coeficiente de expansión y contracción más que el otro.
- 2.- Punto de fusión : El material con alto punto de fusión puede deformarse más, debido al rango de temperatura de expansión mayor.
- 3.- Cambios de fase : Cuando los materiales sufren transformaciones, el volumen y cambios de dimensiones deben ser considerados como fuente de distorsión.
- 4.- Cambio de volumen en la solidificación : Todos los metales experimentan algún cambio de volumen durante su fusión.
- 5.- Diferencia de expansión térmica entre metales disímiles : En combinaciones disímiles, con alguna desigualdad en el porcentaje de expansión de dos metales en una unión, se suma la distorsión en la junta.

- 6.- **Energía de entrada :** Una energía de entrada grande resulta en una soldadura de igual proporción, consecuentemente la zona afectada por el calor es mayor y más metal es expuesto a la fluctuación térmica. Entre más grande sea el volumen de encogimiento, más se incrementa la distorsión.
- 7.- **Pre calentamiento :** Con la temperatura de pre calentamiento, la expansión es disminuida. Esto es, el encogimiento en la soldadura es menor.
- 8.- **Racocido o blandecimiento :** La temperatura suaviza el metal , deformándose menos para acomodar los esfuerzos. Los metales duros resisten la deformación, pero pueden contener altos esfuerzos residuales. Lo duro de los metales con baja ductibilidad puede provocar grietas.
- 9.- **Técnicas tales como la soldadura en retroceso con oscilación y en secuencia de cordones,** influyen los esfuerzos en juntas o uniones.
- 10.- **Limitación externa :** Tal como partes esforzadas de rigidez remanente, que pueden causar localización de asentamientos de esfuerzos, que ocasionan un nivel de esfuerzos residuales y distorsiones.

Otro de los aspectos importantes dentro del desarrollo de este capítulo, es el de mencionar algunos ejemplos más representativos de procesos de soldadura de arco eléctrico (3).

#### **Soldadura de arco con electrodo metálico recubierto (Shielded Metal Arc Welding - SMAW).**

En esta proceso de soldadura de arco, la coalescencia de los metales se produce por medio del calentamiento de ellos con un arco entre un electrodo metálico recubierto y la pieza de trabajo. La protección se obtiene por la descomposición del recubrimiento del electrodo. No se usa presión y el metal de aporte se obtiene del electrodo.

#### **Soldadura de arco con electrodo tubular con núcleo de fundente continuo (Flux Cored Arc Welding - FCAW).**

Es el proceso de soldadura por arco, en el cual se produce coalescencia de metales por calentamiento de ellos mediante un arco eléctrico, entre un electrodo de metal de aporte continuo (consumible) y la pieza de trabajo. La protección es proporcionada por un fundente contenido dentro de un electrodo tubular ; puede o no ser obtenida una protección adicional con un gas o mezcla de gases suministrados externamente.

#### **Soldadura por arco con alambre continuo protegido con gas (Gas Metal Arc Welding - GMAW)**

En este proceso de soldadura de arco eléctrico, la coalescencia se produce por el calentamiento de metales entre el electrodo continuo de metal de aporte y la pieza de trabajo. La protección es totalmente obtenida de un gas o mezcla de gases suministrados externamente. Algunas variaciones de este proceso de soldadura son las llamadas soldaduras con gases inertes como : Helio, Argón y CO<sub>2</sub> o mezclas de ellos.

#### **Soldadura por arco con electrodo de Tungsteno protegido con gas (Gas Tungsten Arc Welding - GTAW)**

Es el proceso de soldadura por arco, en donde la coalescencia de los metales se produce por calentamiento de estos, con un arco entre un electrodo de Tungsteno (no consumible) y la pieza de trabajo. La protección es obtenida por un gas o mezcla de ellos. Se puede o no usar presión ; también puede o no haber material de aporte. Este proceso ha sido conocido como soldadura de Tungsteno y gas inerte (TIG).

## CAPÍTULO II

### "ANÁLISIS DE LA SECCIÓN IX DEL CÓDIGO ASME".

La realización de este análisis tiene como objetivo, servir de fuente de información y apoyo técnico, durante el desarrollo del capítulo IV.

En donde esta sección IX (4), es un documento activo sujeto a constante revisión, interpretación, para conocer nuevos desarrollos y datos de investigación. Es incluso una referencia para calificación, utilizado por varias secciones de construcción del mismo código ASME (American Society for Mechanical Engineers).

También aquí, se establecen los criterios básicos usados en la preparación de requerimientos, a efecto de elaborar las Calificaciones de Procedimientos y Rendimientos de Soldadura.

En la Calificación de Procedimientos de Soldadura, se enlistan las variables esenciales, no esenciales y suplementariamente esenciales, encaminadas a la realización de las Especificaciones del Procedimiento de Soldadura (Welding Procedure Specification (WPS)) y los Registros de Calificación del Procedimiento (Procedure Qualification Record (PQR)). Si un cambio es hecho en una variable esencial, la recalificación del procedimiento es requerida, pero si esto es realizado en una variable no esencial, la recalificación no es necesaria. Por otro lado, en la Calificación del Rendimiento de un soldador u operador de soldadura de arco, se examina a la soldadura ya aplicada y esta puede ser inspeccionada por pruebas mecánicas, tal como de ductilidad.

Los datos de soldadura proporcionados en este documento, incluyen variables apropiadas dentro de categorías tales como tipo de uniones, metales base, metales de aporte, tratamientos térmicos de Pre y Pos calentamiento, características eléctricas y técnicas, todas ellas con aplicación a todo proceso de soldadura. También se dan los croquis de orientación de la muestra de ensayo para ensayo y dimensiones de la prueba patrón.

En la sección de Apéndices, se proporcionan formatos patrón para Calificaciones de Procedimientos y Rendimientos de Soldadura, aunando a esto con la orientación a formular guías, para tener la consulta al mismo comité ASME.

Este análisis de la sección IX, está referido a la parte de Calificación de Soldadura de Arco (Qualification Welding (QW)), conteniendo cuatro artículos y dos apéndices, los cuales están presentando a continuación:



## ARTÍCULO N.-1

### Requerimientos generales para soldadura de arco.

Las Especificaciones del Procedimiento de Soldadura (Welding Procedure Specification (WPS)), pueden calificar a soldadores u operadores de máquinas manuales y automáticas de acuerdo a reglas de esta sección o al código ASME B-31 para tuberías sujetas a presión (QW-100.3).

El alcance de las reglas de esta sección, se aplica a la preparación de los procedimientos de soldadura, para soldadores y operadores de soldadoras, en todo tipo de proceso manual o automático permitidos en otras secciones (QW-101).

Algunos de los términos más comúnmente relacionados con la soldadura, son definidos en QW-492, extraídos del documento A 3.0-80 de la Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society (AWS)), QW-102.

La responsabilidad de la soldadura realizada por el manufacturero o constructor es aceptada por su misma organización y puede ser conducto de las pruebas requeridas en esta sección (QW-103.1), registrando los resultados obtenidos de los procedimientos de soldadura, por el soldador u operador de soldadura.

También tienen una calificación de su rendimiento, debiendo ser certificados y accesibles para el inspector autorizado (QW-103.2).

Las orientaciones de las soldaduras en general son ilustradas en QW-481.1 o QW-481.2, para el caso especial de soldaduras de ranura hechas en un material de prueba son descritas en QW-481.3 (Fig. II.1) o QW-481.4 (Fig. II.2) y el montaje de estas se describen en QW-121 para placa y QW-122 para tubería (excluyendo QW-122.1), tomando en cuenta que el montaje puede ser consultada en QW-481.7 y QW-481.9. Sin embargo para prueba de posiciones de soldadura de filete, se deben referir a los incisos QW-481.5 o QW-481.6, las probetas para prueba de tensión son ilustradas en QW-482.1 y los requerimientos para esto son proporcionados en QW-482(a), en probetas de tubería de sección reducida son conforme a los requerimientos dados en QW-482.1(b), para pruebas de tensión a probetas lomeadas en tubería de más de 3 pig de diámetro, son dados los requerimientos en QW-482.1(d), y en tubería menor de 3 pig de diámetro, consultar el inciso QW-482.1(e).

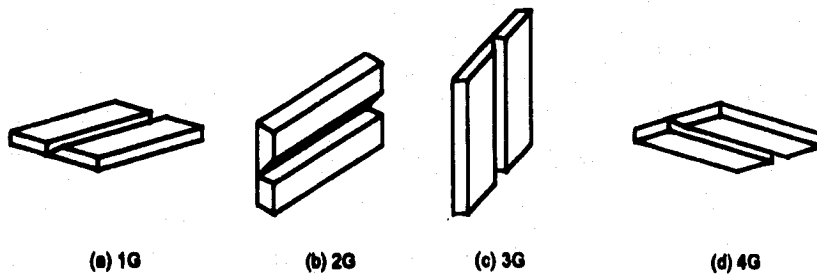


Fig. II.1 QW-481.3 Posiciones de prueba, para soldaduras de ranura en placa.

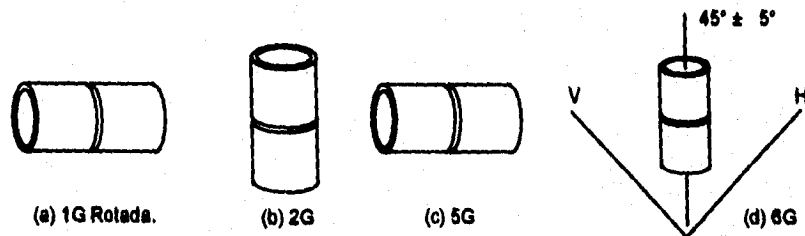


Fig. II.2 QW- 461.4 Posiciones de prueba, para soldaduras de ranura en tubería.

Por otro lado el espesor de las probetas para prueba de flexión con plantilla y el radio encorvado es mostrado en QW-66 (Sub-incisos 1, 2 y 3), las probetas son de cinco tipos y son definidas en A87 QW-161 (Sub-incisos 1, 2, 3, 4, 5, 6, y 7). Las probetas de flexión con plantillas pueden ser curvadas en patrones de prueba que son mostrados en QW-466.

En la prueba de impacto Charpy para soldaduras de ranura en V, los procedimientos y aparatos para conformar los requerimientos son dados en SA-370, el criterio de aceptación puede ser conforme con la sección especificando los requerimientos de impacto, para tubería referirse a QW-463.1(F) para posiciones incomodas.

En pruebas de soldadura de filete el procedimiento muestra las dimensiones y preparación de las probetas para calificación como son solicitadas en QW-202 y deben conformarse los requerimientos necesarios como se muestra en QW-462.4(a), con las dimensiones dadas en QW-462.4(d). Las dimensiones y preparación de las probetas para Calificación de Rendimiento puede realizarse según QW-462.4(b) o QW-462(c), en tubería consultar QW-403.2(h).

El procedimiento de macro examen de probetas, se describe en QW-470.

El examen radiológico es descrito en QW-142 para soldadura manual y para operadores de soldadoras en QW-143, los criterios de aceptación de soldaduras son expuestos en QW-191.2, en donde la terminología está contenida en QW-191.2.1. Los rendimientos de pruebas radiográficas a soldadores y operadores de soldadoras, pueden ser anotados de acuerdo con QW-301.4

**ARTÍCULO N.-2****Calificación del Procedimiento de Soldadura de arco.**

Las Especificaciones del Procedimiento de Soldadura (Welding Procedure Specification (WPS)), se definen como una escritura de calidad del procedimiento de la soldadura preparada para proveer dirección al realizar producciones de soldadura a requerimientos de secciones, como complemento pueden escribirse todas las variables esenciales, no esenciales y suplementariamente esenciales (cuando se requiera), los cambios hechos en variables no esenciales a petición de requerimientos de producción no requieren recalificación. La forma de la información para realizarla, puede ser de alguna forma escrita o tabulada, para atacar las necesidades de cada manufacturero o constructor, tan extenso como todas las variables esenciales, no esenciales y suplementariamente esenciales (cuando se requiera), estas deben ser disponibles para referencia y revisada por el inspector autorizado del sitio de la fabricación.

Cada manufacturero o contratista puede ser requerido para preparar, el Registro de Calificación del Procedimiento (Procedure Qualification Record (PQR)), en donde se registran las variables que intervienen durante la prueba de soldadura en una muestra de acero para ensayo, conteniendo todas las variables esenciales, no esenciales y suplementarias (cuando se requieran), estas deben ser registradas y certificadas por el manufacturero o contratista, los cambios no son permitidos, solo la información adicional de un dato tardío, para ser parte de la condición original de la calificación en el registro de laboratorio o dato similar, teniendo que ser certificado algún cambio (incluyendo la fecha) por el manufacturero o contratista, la información necesaria para realizar el formato se describe en el Apéndice A, para cubrir las necesidades, tan largo como las variables esenciales y suplementariamente esenciales (cuando se requiera), el aprovechamiento del documento es para ser usado como soporte para el WPS, a petición del inspector autorizado, se puede reducir el número de documentos, asignando P-números a metales base dependiendo de características tales como composición, soldabilidad y propiedades mecánicas para acero y aleaciones del mismo.

La responsabilidad de manufacturero o contratista es de listar los parámetros aplicables a la soldadura para realizar la construcción del conjunto de piezas soldadas de acuerdo con esta sección, certificando la calificación de la soldadura.

### ARTÍCULO N.-3

#### Calificación del Rendimiento de Soldadura de arco.

En este artículo se enlistan los procesos de soldadura, con las variables esenciales de cada uno de ellos, con aplicación a Calificar el Rendimiento de soldadores y operadores de soldadores.

La calificación es limitada por las variables esenciales dadas para cada proceso, estas son listadas en QW-350 para soldadores y QW-360 para operadores, siendo definidas en el artículo IV de soldadura.

Un soldador u operador puede ser calificado, radiografiando una muestra de acero para ensayo (QW-302.2) o por una prueba mecánica (QW-302.1), como se muestra en QW-304 (soldadores) y QW-305 (operadores).

En probetas para prueba de dobléz, hechas sobre tubería en posición 1G o 2G de QW-481.4, dos probetas pueden ser sacadas como se muestra en QW-483.2(d), Fig. II.3, o QW-483.2 (e), Fig. II.4, omitiendo las probetas de los cuadrantes superior derecho e inferior izquierdo, pudiéndose reemplazar la probeta de raíz curvada en el cuadrante superior izquierdo de QW-483.2(d) con una probeta de cara curvada.

Para pruebas en probetas hechas sobre tubería en posición 5G o 6G de QW-481.4, las probetas pueden ser sacadas en acorde con QW-483.2(d) o (e), y todas las cuatro probetas pueden pasar a la prueba.

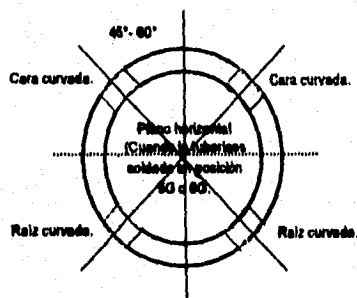


Fig. II.3 Rendimiento de la calificación.  
Tuberías de 1/16" a 3/4" de espesor de pared.

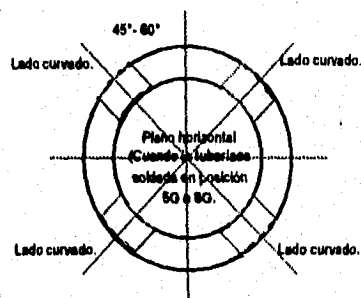


Fig. II.4 Rendimiento de la calificación.  
Tuberías de 3/4" en adelante de espesor y sustituida por 3/8", pero menos de 3/4" de esp.

También un soldador puede ser calificado las veces que un cambio se realice en uno o más de las variables esenciales listadas para cada proceso de soldadura.

Hay ocasiones que una combinación de procesos de soldadura es requerida al realizar un conjunto de piezas soldadas, por lo que cada soldador puede ser calificado para cada proceso de soldadura como a voluntad sea requerida a usarse en producción de soldaduras.

Un soldador puede ser calificado realizando pruebas con cada proceso de soldadura individualmente o con una combinación de procesos de soldadura en una prueba única a una muestra de acero para ensayo.

Los límites de espesores con que son calificados los soldadores y operadores de soldadoras, es dependiendo sobre los espesores de los depósitos de cada proceso de soldadura, estos mencionados en QW-452.

## ARTÍCULO N.-4

### Datos de Soldadura de Arco.

En este artículo se enlistan las variables, para cada proceso específico de soldadura, en donde toda variable descrita en este artículo es conocida como una variable esencial, variable suplementariamente esencial o variable no esencial, en la Calificación del Procedimiento de Soldadura referenciadas en QW-250. Las variables esenciales para la Calificación del Rendimiento de Soldadura son referenciadas en QW-350. Un cambio de una variable esencial requiere de recalificación del proceso.

También definiciones de los términos más comunes relacionados con la soldadura, son dadas en QW-492. Estos son un agregado sustancial con las definiciones de la Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society (AWS)) A 3.076, términos y definiciones.

## APÉNDICE A

### Normatividad.

#### Formatos sugeridos para soldadura de arco.

En este Apéndice de Normatividad se ilustran ejemplos de formatos para Especificaciones del Procedimiento de Soldadura (Welding Procedure Specification (WPS)), Registros de Calificación del Procedimiento (Procedure Qualification Record (PQR)) y Calificación del Rendimiento de Soldadura.

## APÉNDICE B

### Preparación de la investigación para el comité de calderas y recipientes sujetos a presión.

El comité ASME de calderas y recipientes sujetos a presión, necesita regularmente considerar sugerencias escritas para interpretaciones y revisiones a las reglas del código, y a desarrollar nuevas reglas como las listadas por la tecnología actual. Como una política, esta sociedad no aprueba, certifica o respalda algún equipo, construcción, propiedad legada o actividad. Estando de acuerdo a investigar requerimientos de tal consideración que podrían ser retomadas, aunque basado sobre la investigación sometida, la opinión de la averiguación podría pedir asistencia, y puede ser devuelta con la recomendación obtenida. Todos los requerimientos que no hacen posible proveer la información necesaria para el total comprendimiento del comité, pueden ser devueltos.

### CAPÍTULO III.

#### "DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENCAMISADO EN TUBERÍA DE GRAN DIÁMETRO BAJO EL AGUA."

Anteriormente, en el mantenimiento de líneas en operación bajo el agua, que conducen derivados del Petróleo, no se contaba con un método para reparar tramos de tuberías con falla(s), sin detener la conducción del fluido por esta. Las fallas son generalmente por desgaste o defectos contenidos en las paredes de la tubería.

Estas fallas pueden ser desde erosión, cavitación, acción química (que trae como consecuencia adelgazamiento del espesor de la tubería), hasta defectos internos como laminaciones, que son producto de poros, contenidos en plenchones utilizados, como materia prima en la elaboración del tubo.

Tal reparación a la tubería implicaba parar la producción, sino se contaba con una línea de reserva que realizara el trabajo, provocando grandes pérdidas de dinero y tiempo.

En la actualidad se tiene la alternativa del proceso de "Encamisado a tubería de gran diámetro bajo el agua", que se utiliza para realizar mantenimiento correctivo a líneas en operación, aumentando la vida útil de esta, sin tener que parar la producción o fluido en conducción. Este proceso puede realizarse en líneas de posición horizontal y vertical.

Como referencia, la tubería que se emplea en la conducción de fluidos bajo el agua, esta cubierta en su exterior por concreto (Lastre), que tiene por objetivo mantenerla en el fondo e impedir los movimientos de la tubería, producto de las variaciones de presión de trabajo.

A continuación, iniciaremos la descripción del proceso de encamisado, en el caso particular de una reparación de tubería en posición horizontal, con 36" (0.91 m) de diámetro, una especificación del material API 5L X52 y 15 mts de longitud el carrete.

Los trabajos comienzan con el dragado del lecho marino, para descubrir el tubo donde esta la falla, con las siguientes dimensiones, no mayor de 25 mts longitudinales, esto para no tener un desplazamiento general de la línea, con una profundidad de 2.5 y 5 mts a lo ancho. Las figuras III.1 y .2, muestran el terreno con el tubo ya descubierto.

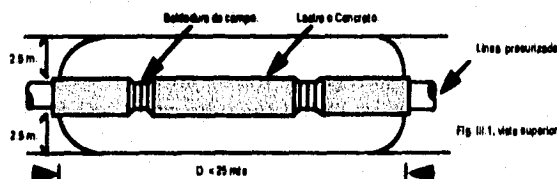


Fig III.1, vista superior.

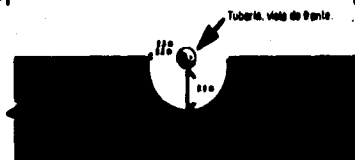


Fig III.2, vista frontal.

Posteriormente se procede al corte de concreto (Lastre) del tubo (s), en donde se encuentra la falla y parte de los carretes adyacentes, esta operación se realiza en varios pasos, como se describe a continuación.:

- 1.- Se realiza corte longitudinal del concreto en horario de las 12 hrs, figura III.3.

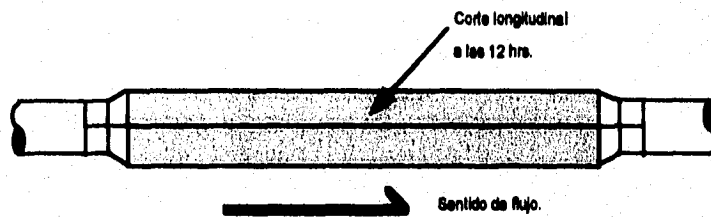


Fig. III.3, corte long. de concreto.

**Nota:** Con respecto del horario mencionado en el corte de concreto, se explica en la figura III.4.

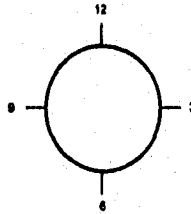


Fig. III.4, vista horaria en sentido del flujo conducido.

- 2.- Se continúa con cortes perimetrales de concreto, en distancias equidistantes una de otra, en horario de 3 a 9 hrs pasando por las 12 hrs, esto se muestra en la figura III.5.

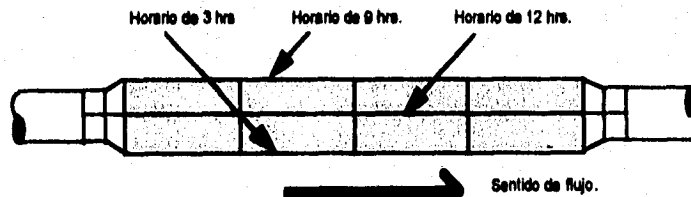


Fig. III.5, secuencia de cortes de concreto.



- 3.- Se procede al desprendimiento de concreto y recuperación del mismo a cubierta de la embarcación, quedando el tubo con solo Alquitrán de hulla sobre su superficie como se observa en la figura III.6.



Fig. III.6, superficie de la tubería con Alquitrán.

- 4.- Como siguiente paso se realiza la limpieza mecánica del carreta (tubo) y los lados adyacentes a este, tal como se representa en la figura III.7.

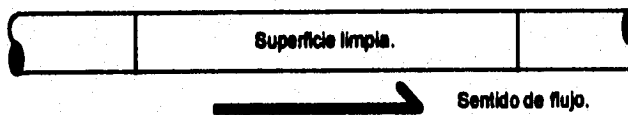


Fig. III.7, limpieza realizada a superficie de tubería.

- 5.- El último paso es inspeccionar con ultrasonido la sanidad de la zona de los carretes adyacentes, en donde quedarán los extremos de la camisa (prueba realizada por Cia. adema). Donde la zona inspeccionada debe ser, en una área cuya longitud sea  $1 \varnothing$  de la tubería  $\pm 40$  cm, a partir de la soldadura de campo, figura III.8.

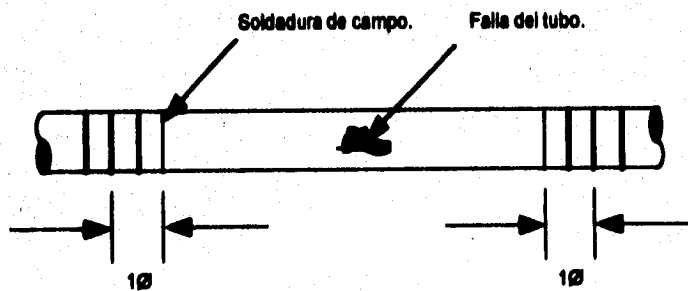


Fig. III.8, inspección a carretes adyacentes.

- 6.- Con esto queda listo el carrete(s), para que el equipo de soldadura inicie los trabajos, figura III.9.

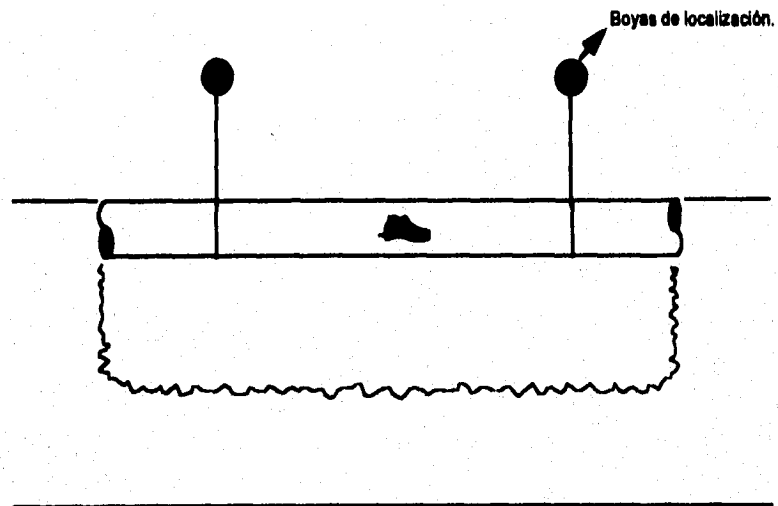


Fig. III.9, tubería y terreno listo para los trabajos de soldadura.

Una vez que tenemos acondicionados el terreno y las superficies de los carretes, se procede a iniciar los trabajos de soldadura, tomando en cuenta que se tienen tres tipos de camisas, con las siguientes características :

- A) **Camisa con reducción :** Estas se colocan en los extremos del encamisado, para realizarse la unión camisa-ducto por medio de la soldadura de filete, y se fabrica con una longitud de 3.02 mts, figura III.10.

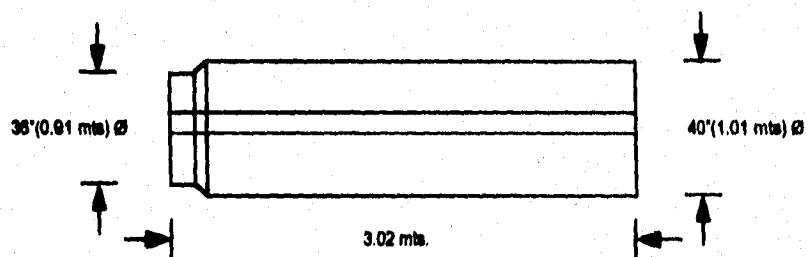


Fig. III.10, camisa con reducción.

- B) **Camisa longitudinal :** Estas se colocan a lo largo del carrete dañado y se fabrican en longitud de 3 mts, esta se observa en la figura III.11.

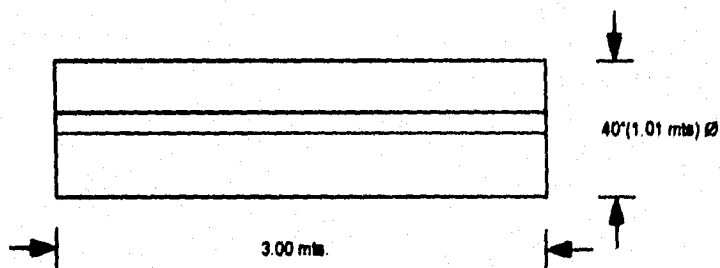


Fig. III.11, camisa longitudinal.

- C) Camisa de ajuste : Esta es única en el encamisado y su longitud es variable para complementar la longitud del encamisado del carrete(s), de tal forma que se cumpla que la soldadura de filete, no se realice en una longitud no menor de  $1 \varnothing$ , de la soldadura de campo de los carretes adyacentes, figura III.12.

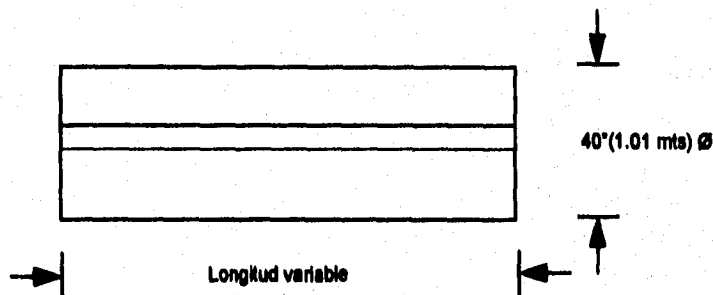


Fig. III.12, camisa de ajuste.

**Descripción del material de la camisa (5) :**

- Número de especificación : API5L
- Designación : X52
- Composición : 0.30 C, 1.35 MN, 0.03 P, 0.03 S.
- Espesor de la pared : 0.612 pig.
- Propiedades mecánicas : Resistencia final a la tensión, 66000 PSI (455MPa).  
Resistencia al punto cedente, 52000 PSI (358 MPa).
- Propiedades físicas : No expandible en todos los diámetros.

Tomando en cuenta las características antes mencionadas de las camisas, se procede a realizar el cálculo de la distribución de las camisas sobre el carrete a reparar :

**Parámetros :**

- Longitud del carrete : 15 mts.
- Diámetro del tubo : 36 pig = 0.91 mts.

Dado la longitud del carrete, se colocarían las siguientes camisas :

- 2 Camisas con reducción de 3.02 mts : 6.04 mts.
- 3 Camisas longitudinales de 3.00 mts : 9.00 mts.
- 1 Camisa de ajuste de 2.16 mts.

La longitud total del encamisado quedaría de 17.20 mts y la distancia de la junta de campo e la soldadura de filete para ambos extremos es de 1.10 mts. Esto por la diferencia entre las longitudes del encamisado y el carrete, dividiendo el resultado entre los dos extremos adyacentes del carrete con falla.

**Nota :** Cada etapa del encamisado consta como máximo de la colocación de tres camisas, esto por la longitud del equipo utilizado, al encamisado total sobre el carrete quedaría como la figura III.13.

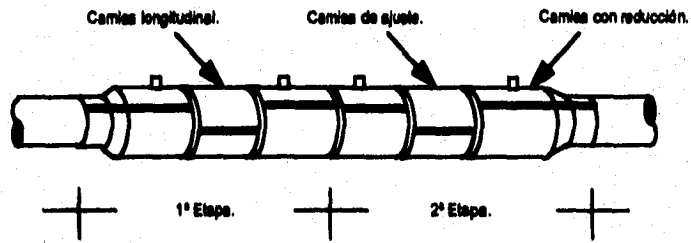


Fig. III.13, encamisado total del carrete.

La realización de la primera etapa del encamisado se llevaría a cabo de la siguiente manera :

- 1.- Colocación de las camisas sobre la tubería, figura III.14.

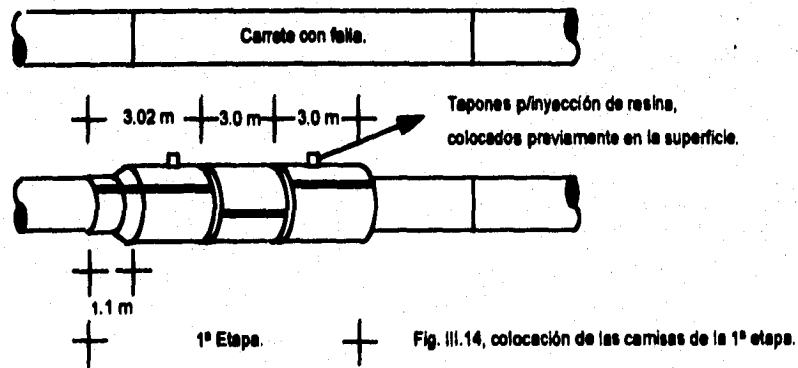
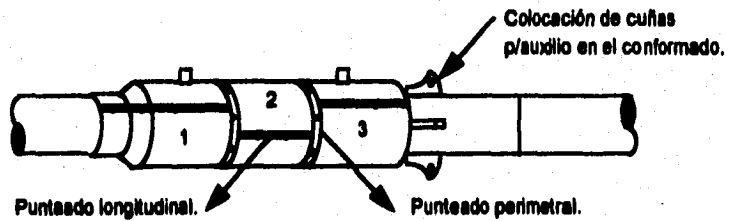


Fig. III.14, colocación de las camisas de la 1ª etapa.

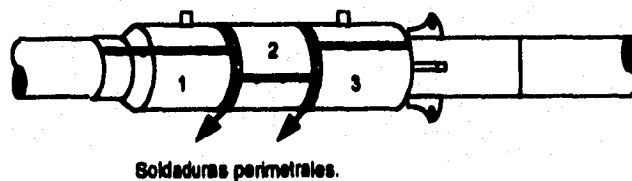
- 2.- El siguiente paso es el conformado de las camisas, dicho de otra manera, es el alineamiento de las camisas con respecto de la tubería.
- 2.1.- Se procede al conformado de la 2ª con 1ª sección (esta camisa por ser la de ajuste, por lo general se alinea en primer término) y se continúa con la conformación de la 3ª con 2ª sección, figura III.15.



Proceso de soldadura	Punteado general
	SMAW

Fig. III.15, conformado de camisas.

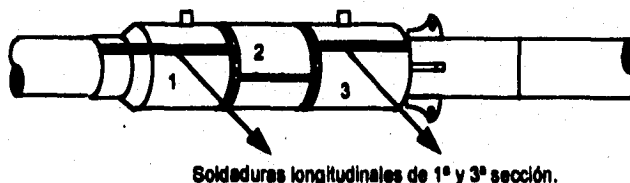
- 2.2.- Se realiza la inspección visual del conformado (afectado por Cía. externa).
- 3.- Una vez terminado el conformado de las camisas, se procede a la aplicación de las soldaduras.
- 3.1.- Como primer paso tenemos la aplicación de las soldaduras perimetrales de 1ª con 2ª sección y 2ª con 3ª sección, figura III.16.



Proceso de soldadura	Paso raíz	Paso de relleno	Pasos finales
	SMAW	FCAW-SS	FCAW-SS

Fig. III.16, aplicación de soldaduras perimetrales de 1ª co 2ª y de 2ª con 3ª sección al 100 %.

- 3.2.- Continuando con el proceso, se aplican las soldaduras longitudinales de 1ª y 3ª sección, con los siguientes pasos de soldadura, figura III.17.



Soldaduras longitudinales de 1ª y 3ª sección.

Proceso de soldadura	Paso raíz	Paso de relleno	Pasos finales
	SMAW	FCAW-SS	FCAW-SS

Fig. III.17, aplicación de soldaduras longitudinales de 1ª y 3ª sección al 100 %.

- 3.3.- Por último se procede a la aplicación de las soldaduras longitudinales de la 2ª sección del encamisado, con los mismos procesos de soldadura del paso anterior, figura III.18.

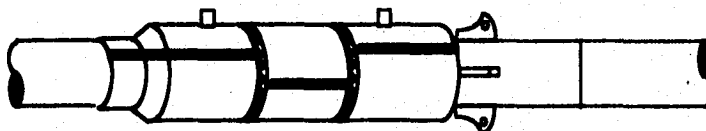
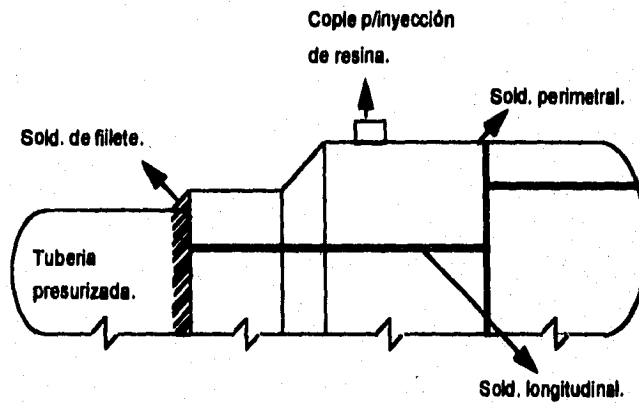


Fig. III.18, aplicación de soldaduras longitudinales y perimetrales al 100 %.

- 4.- Se realiza la limpieza mecánica de las soldaduras aplicadas para posteriormente sean inspeccionadas.
- 5.- Se procede a la inspección de las soldaduras en general (inspección realizada por Cia. externa).
- 6.- Si las soldaduras aplicadas están sanas, se procede a la aplicación de la soldadura de filete.
- 8.1.- Solicitud de la realización del plan de contingencia al cliente (Pemex), esto es una coordinación entre la Cia. que realizara la soldadura y Pemex, para que en caso de un siniestro, quede controlado lo antes posible.

- 6.2.- Una vez autorizado el plan de contingencia, se inicia la presurización del Hábitat (medio ambiente bajo el agua) con Nitrógeno al 100 %, mientras dura la aplicación de la soldadura de filete, con los siguientes pasos de soldadura, figura III.19.



Proceso de soldadura	Paso raíz	Paso de relleno	Pasos finales
	SMAW	SMAW	SMAW

Fig. III.19, aplicación de soldadura de filete.

- 6.3.- Limpieza mecánica de la soldadura de filete.  
 7.- Inspección de la soldadura de filete (realizada por Cía. externa)  
 6.- Colocación de espaciadores, en el extremo de la camisa donde se colocaron las cuñas de alineación (figura III.15) :  
 8.1.- Dimensiones de los espaciadores, figura III.20.

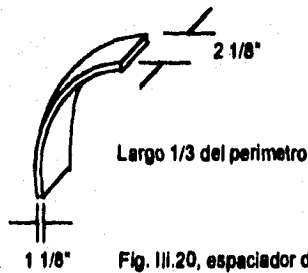


Fig. III.20, espaciador de resina.



6.2.- Manera de colocación de los espaciadores, figuras III.21 y .22.

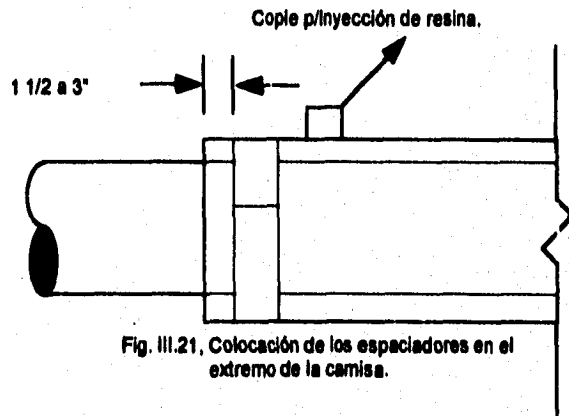


Fig. III.21, Colocación de los espaciadores en el extremo de la camisa.

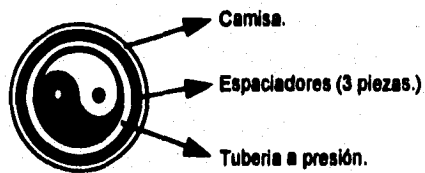


Fig. III.22, vista frontal.

6.3.- Colocación de éposito, en posibles espacios entre la pared exterior de la tubería presurizada, la pared interior de la camisa, parte frontal y unión de los espaciadores, esto para no permitir la salida de resina durante su inyección, figura III.23.

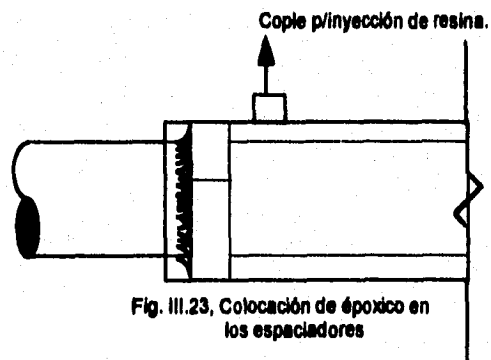
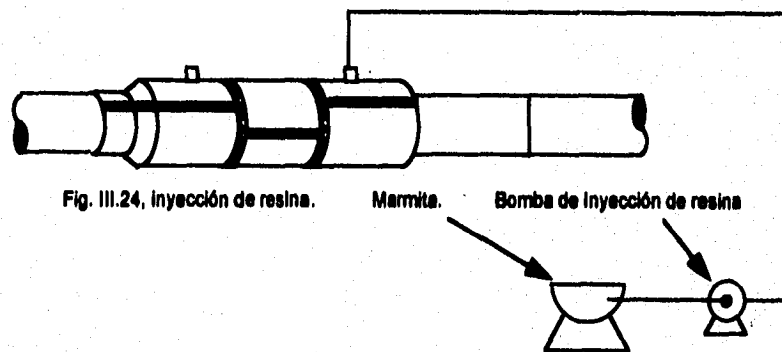


Fig. III.23, Colocación de éposito en los espaciadores

- 9.- **Inyección de resina :** Esta ocupa el espacio anular entre la superficie exterior de la tubería presurizada y la superficie interior de las camisas, figura III.24.



**Nota :** La función de la resina, es servir de amortiguamiento a la pared de la camisa, en un momento dado que fallara la tubería presurizada, y también para absorber algún golpe recibido por la camisa.

- 10.- El siguiente paso es el de soldar tapones en los coplees para inyección de resina.
- 11.- Inspección visual de la soldadura de los tapones (realizada por Cía. externa).
- 12.- Aplicación de Alquitrán de Hulla sobre la superficie exterior de la camisa y parte del tubo descubierto.

- 13.- Con esto quedan concluidos los trabajos de la 1ª etapa del encamisado y para la 2ª etapa es un trabajo similar. Los trabajos ya terminados se muestran en la figura III.25.

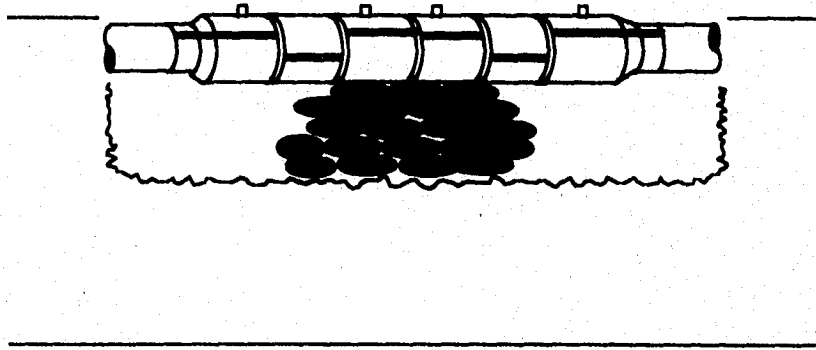


Fig. III.25, trabajos terminados al 100 %.

## CAPÍTULO IV

### "APLICACIÓN DE LA SECCIÓN IX DEL CÓDIGO ASME, AL PROCESO DE ENCAMISADO A TUBERÍAS."

El código ASME de calderas y recipientes sujetos a presión, es un documento de información y aspectos de ingeniería, que se utilizan para establecer reglas de seguridad que intervienen en el diseño, fabricación e inspección, durante un proceso de construcción en particular. Este se divide en XI secciones, las cuales comprenden los siguientes temas: Sección I Capacidad en calderas, Sección II Tipo de materiales; distribuida en Parte A - Especificaciones de materiales ferrosos; Parte B - Especificaciones de materiales no ferrosos; Parte C - Especificaciones de varillas de soldadura, Electrodo y Metales de aporte; Parte D - Características, Sección III Subsección NCA - Requerimientos generales; Con la División 1; que consta de la Subsección NB - Componentes clase 1; Subsección NC - Componentes clase 2; Subsección ND - Componentes clase 3; Subsección EN - Componentes clase MC; Subsección NF - Componentes de apoyo; Subsección NG - Apoyos principales de estructuras; Apéndices; En tanto que la División 2, es referente al Concreto para Reactores en Recipientes y Contenedores, Sección IV Calentamiento a calderas, Sección V Pruebas no destructivas, Sección VI Reglas recomendadas para el cuidado y operación de calderas, Sección VII Guías recomendadas para el cuidado de calderas, Sección VIII Recipientes sujetos a presión; División 1 y División 2 - Reglas alternativas, Sección X Fibras de plástico reforzadas para recipientes sujetos a presión, XI Reglas para inspección en servicio de componentes de plantas de energía nuclear y por último la Sección IX de Calificación de soldadura de arco y fuerte, en calderas y recipientes sujetos a presión, que sirvió de apoyo en la elaboración de esta tesis.



Partiendo de lo anterior, tenemos que en el desarrollo de este capítulo, se estructuraran las Especificaciones de los Procedimientos de Soldadura (Welding Procedure Specification - WPS), que se emplean durante el proceso de encamisado en tubería de gran diámetro, dicho de otra manera se elaborara la escritura de calidad del procedimiento de soldadura, preparada especialmente a proveer la dirección correcta, al realizar producciones de soldadura a requerimientos de especificaciones, además de realizar los Registros de Calificación de los Procedimientos (Procedure Qualification Record - PQR), que son los registros de las variables que intervienen durante la prueba de soldadura en una muestra de acero para ensayo, conteniendo todas las variables esenciales, no esenciales y suplementarias.

Otra de las aportaciones hechas en este capítulo, es el de elaborar un Manual de Procedimientos, ya que es de suma importancia contar con él dentro del departamento de soldadura y de la compañía misma, dado que con este documento se tiene un método escrito para efectuar soldaduras de calidad, cumpliendo con los requisitos del cliente, sin que se tengan errores de omisión de algún dato, aun cuando sean diferentes los soldadores u operadores que efectúen la aplicación de la soldadura.


Dentro del manual de procedimientos, se realizara el formato para la Calificación del Procedimiento de Soldadura, en donde se enlistan las variables esenciales, encaminadas a la realización de los WPS y PQR, referentes a cada proceso de soldadura, utilizados en el encamisado a tubería de gran diámetro, con aplicación a calificar el rendimiento de soldadores y operadores de soldadura. Como complemento del Manual de Procedimientos, se elaborara el formato de la Calificación del Rendimiento de Soldadura, en donde se enmarcan los requerimientos para llevar acabo la calificación de la soldadura ya aplicada, esto con la intención de calificar la habilidad del soldador u operador, al producir soldaduras sanas.

Tanto los formatos antes mencionados, como la información proporcionada en ellos, fueron elaborados utilizando como base lo mostrado en el apéndice A de la sección IX del código ASME (4) y complementándolo con la información dispuesta en la especificación API 5L (5), adecuándolos al proceso de encamisado a tubería de gran diámetro.

A continuación se presenta el formato IV.1, en donde se describe paso a paso, como llevar a cabo la Calificación del Rendimiento de Soldadura, desde la organización del personal al realizarlo, en cuanto a objetivo, alcance, referencias, responsabilidades, hasta el procedimiento a seguir.

 <b>Manual de Procedimientos</b> Título : Calificación del Rendimiento de Soldadura.																																																														
<b>Objetivo :</b> La finalidad de este procedimiento es la de enmarcar los requerimientos para llevar a cabo las calificaciones de soldadores y operadores.																																																														
<b>Revisado y aprobado por :</b>  <b>Firma :</b> _____  <b>Nombre :</b> _____  <b>Puesto :</b> <u>          Suplte. do proyecto.          </u>		<b>Preparado por :</b>  <b>Firma :</b> _____  <b>Nombre :</b> <u>          Rogelio Gudiño Martínez.          </u>  <b>Puesto :</b> <u>          Ingeniero de campo.          </u>																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº Revisiones</th> <th>Fecha</th> <th>Observaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	Nº Revisiones	Fecha	Observaciones																																																											
Nº Revisiones	Fecha	Observaciones																																																												

Continuación de formato IV.1.

	<b>Manual de Procedimientos</b>	Fecha: _____
	Título: <b>Calificación del Rendimiento de Soldadura.</b>	Procedimiento: _____
		Revisión N° _____
		Pag. <u>  </u> de <u>  </u>
<p><b>1 Objetivo</b> La finalidad de este procedimiento es la de enmarcar los requerimientos para llevar a cabo las calificaciones de soldadores y operadores.</p> <p><b>2 Alcance</b> Son recomendaciones prácticas para la calificación de soldadores y operadores, de acuerdo con el código ASME sección IX y API espec. 5L.</p> <p><b>3 Referencias</b> 3.1 ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE SECTION IX. 3.2 Espec. API 5L Apend. B</p> <p><b>4 Responsabilidades.</b> 4.1 El jefe de soldadura coordinará y supervisará las ejecuciones de las pruebas para la calificación y comprobará que estas estén siendo efectuadas de acuerdo al procedimiento calificado. 4.2 Una Cia. externa de Control de Calidad, llevará a cabo las pruebas radiográficas y mecánicas, emitiendo un reporte evaluando los resultados en base a API 5L, sección B, mismo que habrá de quedar en poder del departamento de soldadura. 4.3 El superintendente del proyecto aprobará la calificación de soldadores y operadores, una vez revisada la conformidad de los resultados de las pruebas correspondientes.</p> <p><b>5 Procedimiento</b> 5.1 Generalidades. 5.1.1 La ejecución de pruebas para la calificación, esta intencionada para determinar la habilidad de los soldadores y operadores en la aplicación y obtención de soldaduras libres de defectos. 5.1.2 La prueba debe ser suspendida en cualquier punto del procedimiento, a criterio del supervisor de la misma, cuando sospeche o juzgue que la prueba no esta siendo conducida por el soldador con la destreza para obtener una soldadura sana.</p>		

Continuación de formato IV.1.

<b>RGM</b>	<b>Manual de Procedimientos</b>	Fecha: _____
	<b>Título : Calificación del Rendimiento de Soldadura.</b>	Procedimiento: _____
		Revisión N°: _____
		Pag. <b>3</b> de <b>5</b>

5.1.3 Se mantendrá registro de los procedimientos, resultados de pruebas incluyendo las variables esenciales y no esenciales, bajo las cuales los soldadores y operadores están siendo examinados.

5.1.4 A cada soldador y operador calificado, le será asignado un número, letra o símbolo para ser usado como identificación y marcará todos los trabajos que ejecute.

5.1.5 La calificación que hayan obtenido en otras compañías no será revalidada por **RGM**, por lo que tendrá que recalificarse.

**5.2 Calificación de soldadores.**

5.2.1 Todas las calificaciones de soldadores y operadores, deberán ser conducidas con el procedimiento correspondiente de soldadura calificado.

5.2.2 Todo operador y soldador de reparación calificado en un grado de categoría, estará calificado para cualquier grado de categoría inferior probando que el mismo proceso de soldadura es usado.

5.2.3 Para que un operador y soldador califique, deberá producir soldaduras que sean aceptables con los siguientes pruebas.

5.2.3.1 Revisión de la película radiográfica de acuerdo a API 5L, sección 9

5.2.3.2 Dos pruebas de Dobleces guiado transversal de acuerdo a API 5L, Ap. B párrafo B.2.2.4

5.2.3.3 Dos pruebas de Mella de acuerdo a API 5L, Ap. B párrafo B.2.2.5


5.2.4 Los resultados obtenidos se apuntarán en el formato de registro de pruebas para calificación de soldadores y operadores, formato IV.2.

5.2.4.1 Todos los soldadores y operadores calificados serán registrados en la tarjeta de calificación según formato IV.4 y se les extenderá un gáseto de identificación de calificación, el cual deberán portar mientras estén laborando.

5.2.4.2 También se utilizará la forma de continuidad de soldadores, esto con la finalidad de tener un mejor control del material que están depositando, así como la fecha de calificación, formato IV.3.

5.2.5 Las pruebas de radiografía y mecánicas, deberán estar de acuerdo con el estándar de aceptación prescrito y mantenerlos como testimonio de la calificación.

Continuación de formato IV.1.

	<b>Manual de Procedimientos</b>	Fecha: _____
	Título : <b>Calificación del Rendimiento de Soldadura.</b>	Procedimiento: _____
		Revisión N° _____
		Pag. 4 de 8

5.2.6 La calificación será en posición plana 1G.

5.3 Reejecución de pruebas.

5.3.1 Los soldadores y operadores que no cumplieron los requerimientos del párrafo QW-302.2 de la sección IX, se les deberá repetir la prueba bajo las provisiones estipuladas en QW-320, sección IX del código ASME y/o API 5L, Ap. B, párrafo B.3.1.3

5.4 Recalificación

5.4.1 La recalificación de un operador o soldador deberá efectuarse de acuerdo a 5.2, de este procedimiento cuando se presente las siguientes circunstancias.

5.4.1.1 Cuando haya transcurrido un año desde la última calificación aplicable.

5.4.1.2 El operador o soldador no ha estado soldando utilizando procedimientos calificados por un periodo de tres meses.

5.4.3 Hubiera alguna razón específica que cuestione su habilidad.

5.5 Entrenamiento.

5.5.1 El entrenamiento de un operador o soldador deberá llevarse a cabo por un periodo de  $\pm$  30 días, de acuerdo a los siguientes requerimientos.

5.5.1.1 Curso básico teórico-práctico de soldadura eléctrica manual (SMAW), según se aplique en base a los procedimientos normalmente utilizados.

5.5.1.2 Curso básico teórico-práctico de soldadura de arco con alambre continuo con núcleo de fundente auto-protégido (FCAW-SS), según aplique.

5.5.1.3 Manejo y control de materiales de soldadura.

5.5.2 El nivel promedio mínimo de aceptación del entrenamiento será del 80 %.

5.5.3 Los requerimientos serán aplicados de acuerdo al tipo de personal como sigue :

A) Para operadores : 5.5.1.2, 5.5.1.3

B) Para soldadores : 5.5.1.1, 5.5.1.3


5.5.4 Todo operador o soldador debidamente calificado y entrenado, será registrado en el formato IV.5, para su certificación.

5.6 Registros de calificación y certificación.

5.6.1 Todos los registros deberán archivarlos por los menos durante 5 años.



Continuación de formato IV.1.

	<b>Manual de Procedimientos</b> Título : Calificación del Rendimiento de Soldadura.	Fecha:
		Procedimiento:
		Revisión IV:
		Pág. 1 de 1

5.6.2 Turnar copia de los registros al departamento de Recursos Humanos y Capacitación.

5.6.3 Realizar expedientes individuales de soldadores y operadores que avalen capacitación, adiestramiento, calificación y certificación.

**6 Formatos a ser usados en este procedimiento.**


6.1 Registro de pruebas para calificación de soldadores y operadores, formato IV.2.

6.2 Registro de continuidad de soldadores y operadores, formato IV.3.

6.3 Tarjeta de calificación de soldadores y operadores, formato IV.4.

6.4 Registro de calificación y certificación para soldadores y operadores, formato IV.5.

El formato IV.2, es el Registro de la Prueba de Calificación de soldador y operador, que es donde se anotan los resultados obtenidos en la prueba realizada.

	<b>Manual de Procedimientos</b> <b>Título : Registro de Calificación del Procedimiento del soldador u operador (QW-301.4).</b>	<b>Fecha:</b> _____ <b>Procedimiento:</b> _____ <b>Revisión N°</b> _____ <b>Pag. 1 de 1</b>
<p>Nombre del soldador : _____ N° nom. : _____ Marca : _____          Soporte WPS N° _____ Revisión : _____ Fecha : _____</p> <p><b>Variables esenciales (QW-350 o QW-360)</b>          Proceso de soldadura : _____ Tipo : _____</p> <p><b>Respaldo (QW-402) :</b> _____          Tipo de ranura (junta) : _____ Filete : _____          Espesor de prueba : _____ Diámetro de prueba : _____</p> <p><b>Metal base (QW-403) :</b>          N° P : _____ Grupo N° _____ A N° P : _____ Grupo N° _____          Especificación, tipo y grado : _____          A especificación, tipo y grado : _____</p> <p><b>Metal de aporte (QW-404)</b>          Especif. N° _____ Clase : _____ N° F : _____</p> <p><b>Posición (QW-405)</b> _____          Tipo de gas (QW-406) _____ % Comp. : _____</p> <p><b>Características eléctricas (QW-409)</b>          Corriente : _____ Polaridad : _____</p> <p><b>Técnica (QW-410)</b>          Deposito recto o tejido : _____ Limpieza : _____          Prueba de doblez guiada (Ver especf. API 5L, Ap. B. 3.1.2.2) : _____          Prueba de Mella (Especf. API 5L, Ap. B. 3.1.2.3) : _____          Prueba Radiografía (QW-302, API 5L, B.3.2.1) : _____          Prueba conducida por : _____          Prueba de laboratorio N° _____</p> <p>Departamento : _____ Fecha : _____          Elabora : _____ Califico : _____</p>		

La finalidad de utilizar el formato IV.3, es el de tener un mejor control del material depositado en las pruebas, así como las fechas en que se llevan a cabo.



**Manual de Procedimientos**  
**Título : Registro de continuidad de aplicación de soldadores y operadores**

Nombre del soldador	Registro										Simbols o Marcas	Reservaciones y fechas de las pruebas					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
Nº. de Semanas													48	49	50	51	52

Soldadura de arco con electrodo revestido  
 Metal base  
 Metal de sports  
 Metal base  
 Metal de sports

La utilización del formato IV.4, es para tener registrada la categoría del soldador u operador dentro de la compañía



**Manual de Procedimientos**  
**Título : Tarjeta de calificación de soldadores (OM-301.3)**

Nombre del soldador	Legislación	Procedimiento Calificado	Tipo de Proceso	Fecha de Calificación	Resultado	Calificado por

El formato IV.5, es usado para comprobar la habilidad del personal de soldadura, que interviene en la realización del encamisado y podría mostrarse al cliente en un momento dado que lo solicite.

	<b>Manual de Procedimientos</b> <b>Título : Registro de calificación y certificación para soldadores u operadores.</b>
<b>Nombre :</b>	_____
<b>Educación :</b>	_____
<b>Experiencia :</b>	_____
<b>Entrenamiento :</b>	_____
<b>Identificación de examen(es) / prueba(s) :</b>	_____
<b>Aceptación de examen(es) / prueba(s) :</b>	
_____	_____
<b>Certificado</b>	<b>Fecha</b>
<b>Otros :</b>	_____
<b>Certificación de la calificación</b>	
<b>Calificado por :</b>	_____
<b>Certificado por :</b>	_____
_____	_____
<b>Supta. de proyecto.</b>	<b>Fecha</b>
<b>Periodo de recertificación o re-examinación requerida :</b>	_____

Como siguiente paso, se elaborara el formato para la Calificación del Procedimiento de Soldadura SMAW y FCAW-SS, conteniendo los WPS y PQR, utilizados en el proceso de encamisado a tubería de gran diámetro bajo el agua, formato IV.6.

<b>RGM</b>	<p><b>Manual de Procedimientos</b>                  Título : Calificación del procedimiento de soldadura SMAW y FCAW-SS.</p>	Fecha: _____ Preparado por: _____ Revisado por: _____ Pág. 1 de 1																																				
<p><b>Objetivo :</b> La finalidad de este procedimiento es la de enmarcar los requerimientos para llevar a cabo la calificación de los procedimientos de operación de SMAW y FCAW-SS, utilizados en <b>RGM</b> para el proceso de encamisado de tubería de gran diámetro bajo el agua.</p>																																						
<p><b>Revisado y aprobado por :</b></p> <p>Firma : _____</p> <p>Nombre : _____</p> <p>Puesto : <u>Supite. de proyecto.</u></p>	<p><b>Preparado por :</b></p> <p>Firma : _____</p> <p>Nombre : <u>Rogelio Gudiño Martínez.</u></p> <p>Puesto : <u>Ingeniero de campo.</u></p>																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">N° Revisiones</th> <th style="width: 15%;">Fecha</th> <th>Observaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			N° Revisiones	Fecha	Observaciones																																	
N° Revisiones	Fecha	Observaciones																																				

Continuación de formato IV.6.

<b>RGM</b>	<b>Manual de Procedimientos</b>	Fecha: _____
	Título : Calificación del procedimiento de soldadura	Procedimiento: _____
	SMAW y FCAW-SS.	Revisión N° _____
		Pag. 2 de 6

- 1 **Objetivo**  
La finalidad de este procedimiento es el de enmarcar los requerimientos para llevar a cabo la calificación de los procedimientos de soldadura SMAW y FCAW-SS , utilizados en RGM para el proceso de encamisado a tubería de gran diámetro bajo el agua.
- 2 **Alcance**  
Este procedimiento abarca la calificación de cualquier procedimiento de soldadura , utilizado directamente en el proceso de encamisado, dentro de lo descrito en del código ASME sección IX y API 5L.
- 3 **Referencias**
  - 3.1 Código ASME sección IX.
  - 3.2 Especificación API 5L
- 4 **Responsabilidades.**
  - 4.1 El jefe de soldadura coordinara y supervisara las ejecuciones de las pruebas para la calificación y comprobara que estas, estén siendo efectuadas de acuerdo al procedimiento calificado.
  - 4.2 Una Cia. externa de Control de Calidad, llevara a cabo las pruebas radiograficas y mecánicas, emitiendo un reporte evaluando los resultados en base a API 5L, secc. B, mismo que habrá de quedar en poder del departamento soldadura.
  - 4.3 El superintendente del proyecto aprobará la calificación de soldadores y operadores, una vez revisada la conformidad de los resultados de las pruebas correspondientes.
- 5 **variables esenciales.**
  - 5.1 Las siguientes variables se consideran esenciales en la calificación del procedimiento de soldadura y si alguna variara en los límites que aqui se establecen, se deberá rectificar el procedimiento. Tanto las variables esenciales como las no esenciales, se deberán incluir en el WPS (formatos IV.7, .8 y .9) y PQR (formato IV.10).

Continuación de formato IV.6.

<b>RGM</b>	<b>Manual de Procedimientos</b>	<b>Fecha:</b> _____
	Título : Calificación del procedimiento de soldadura	<b>Procedimiento:</b> _____
	SMAW y FCAW-SS.	<b>Revisión N°</b> _____
		<b>Pag.</b> <u>3</u> de <u>8</u>

**5.1.1 Proceso de soldadura**

A) Si se cambia de FCAW-SS a soldadura de arco.  
 B) Si se cambia de método : Automática a semiautomática.

**5.1.2 Grado de la tubería (Metal base) o camisa.**

A) Si se cambia el grado de categoría. La composición química incluyendo aleantes para cada grado de acero, y si el sistema de elección variara para un mismo grado de categoría, se deberá calificar separadamente para cada una. Los grados de categoría son los siguientes :

Limite elástico mínimo especificado igual a 42,000 psi o menor.  
 Limite elástico mínimo especificado mayor a 42,000 psi, pero menor de 65,000 psi.  
 Con cada grado con limite elástico mínimo especificado de 65,000 psi o mayor.

B) Dentro de cada categoría, un espesor mayor que el espesor de la camisa calificada.

C) Dentro de grado de categoría y rango de espesores un Carbón Equivalente (C.E.), que basado en el análisis de la tubería o camisa a colocar, resultara mayor de 0.04 % que el C.E. de la camisa calificada..

$$C.E. = C + Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15$$

**5.1.3 Materiales de soldadura.**

A) Un cambio en la clasificación del metal de aporte.  
 B) Un cambio en el diámetro del alambre de soldadura o electrode de bajo Hidrógeno.

**5.1.4 Parámetros de soldadura**


A) Un cambio en el tipo de corriente, de alterna a directa.  
 B) Un cambio de polaridad.  
 C) Para la soldadura automática y semiautomática (FCAW-SS), los voltajes,



Continuación de formato IV.6.

<b>RGM</b>	<b>Manual de Procedimientos</b> <b>Título : Calificación del procedimiento de soldadura</b> <b>SMAW y FCAW-SS.</b>	<b>Fecha:</b> _____ <b>Revisión:</b> _____ <b>Revisión Nº:</b> _____ <b>Pag. 4 de 9</b>
	<p>amperajes y velocidades de soldadura se especifican para cada espesor de pared, los cuales deberán ser calificados. Una vez calificados, se requerirá de una nueva calificación si hubiera una desviación de los parámetros calificados de :</p> <p>(1) 10 % en amperaje.  (2) 7 % en voltaje  (3) 10 % en velocidad de soldadura.</p> <p>5.1.5 Cordón de soldadura.- Para la soldadura manual y semiautomática, un cambio en el ancho del cordón mayor del 50 % que el procedimiento previamente calificado.</p> <p>5.1.6 Pre calentamiento y Poscalentamiento</p> <p>A) Aplicar la soldadura a una temperatura menor que la temperatura de la prueba calificada.</p> <p>B) Pre calentamiento o Poscalentamiento (no se requiere).</p> <p>6 Pruebas mecánicas</p> <p>6.1 Se deberán efectuar pruebas de dos probetas de tensión transversal, Doblez guiada transversal y de Mella, en base al Ap. B, párrafos B.2.2.2, B.2.2.3 y B.2.2.4, de la especificación API 5L.</p> <p>6.2 Otro tipo de pruebas deberán realizarse si lo especifica el cliente y deberá incluirse en el WPS y PQR.</p> <p>7 Procedimiento</p> <p>7.1 En base a los requerimientos del proceso de un tipo de grado de encañado, se seleccionarán los materiales de soldadura.</p> <p>7.2 Una vez seleccionados los materiales a utilizarse, se llenaran los formatos IV.7, 8 y 9, con las condiciones, especificaciones, parámetros y dibujos con que se ejecutaran las probetas de soldadura.</p> <p>7.3 El soldador u operador ejecutara la soldadura de la probeta en base a lo indicado por su jefe, que a su vez se guía por el WPS (formato IV.7, 8 y 9) generado anteriormente.</p>	

Continuación de formato IV.6.

	<b>Manual de Procedimientos</b>	<b>Fecha:</b> _____
	Título : Calificación del procedimiento de soldadura	<b>Procedimiento:</b> _____
	SMAW y FCAW-SS.	<b>Revisión N°</b> _____
		<b>Pag.</b> 5 de 8

7.4 El jefe de soldadura, anotara en el registro de la Prueba de Calificación del Procedimiento (PQR, formato IV.10), las condiciones reales en las que se realizo la soldadura.

7.5 Una vez terminadas adecuadamente las probetas de calificación, se identificarán con letras y números de golpe con cuando menos uno de los siguientes datos :

7.5.1 Número de placa o tubo.

7.5.2 Número de colada.

7.5.3 Proceso de soldadura.

7.5.4 Fúndente.

7.5.5 Electrodo.

7.5.6 Nombre del soldador

7.5.7 Número de WPS

7.5.8 Número de PQR

7.5.9 Orden de fabricación

7.5.10 Dimensiones y grado de tubería.

7.6 Llenar el formato IV.11, para solicitar a una Cía externa de Control de Calidad , conforme a lo requerido en el PQR.


7.7 Una vez realizadas las pruebas mecánicas, la Cía. externa de Control de Calidad, expedirá los reportes originales de los resultados al jefe del departamento de Soldadura que a su vez revisara y documentara en el PQR correspondiente.

7.8 Debidamente elaborado el PQR, por el jefe de soldadura, turnara documento y resultados de la Cía. externa de Control de Calidad, al Suptte. de proyecto para autorización de la calificación.

7.9 En caso de que alguna prueba no sea aprobada, se atenderá a lo estipulado en el código ASME sección IX, párrafo QW-202.1 y/o especificación API 5L Ap.B.

7.10 La recalificación de un procedimiento de soldadura, se llevara acabo al modificar, cambiar, eliminar o incrementar las variables esenciales estipuladas para dicho proceso, según se describe en 5.0

Continuación de formato IV.6.

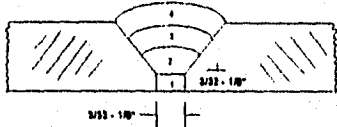
	<b>Manual de Procedimientos</b>	<b>Fecha:</b> _____
	<b>Título : Calificación del procedimiento de soldadura</b>	<b>Procedimiento:</b> _____
	<b>SMAW y FCAW-SS.</b>	<b>Revisión N°:</b> _____
		<b>Pag. 1 de 1</b>

**8 Formatos utilizados en este procedimiento.**

- 8.1 Especificaciones para el Procedimiento de Soldadura (WPS), para Soldaduras Perimetrales, Longitudinales y de Filete, respectivamente formatos IV.7, .8 y .9.**
- 8.2 Registro de la Calificación del Procedimiento de Soldadura Longitudinal, Perimetral y de Filete, formato IV.10.**
- 8.3 Solicitud de pruebas, a la Cia. externa de Control de Calidad, formato IV.11.**

En el siguiente formato IV.7, se enlistan las variables esenciales en el WPS, para realizar las soldaduras perimetrales del encamisado.

<b>RGM</b>	<b>Manual de Procedimientos</b>			Fecha: _____
	Título : Especificación del Procedimiento de soldadura para la sección Perimetral de las camisas			Procedimiento: _____ Revisión N° _____ Pag. 1 de 2
<b>Unión (QW - 402) Soldadura Perimetral</b>				
Diseño de junta : Simple V Resaldo : Si ( ) No (X) Material de resaldo : Soldadura y metal base. Espesor : 0.812 pig				
Procesos de soldadura	Paso raíz	Paso de relleno	Pasos finales	
	SMAW	FCAW-SS	FCAW-SS	
<b>Metal base (QW-403)</b>				
P-N°	1	Grupo N°	2	a P-N° 1 Grupo N° 2
Especificación, tipo y grado:	API 5L X52			
A especificación, tipo y grado:	API 5L X52			
Análisis químico y propiedades mecánicas:	0.30 C, 1.35 Mn, 0.04 P, 0.05 S			
1° análisis químico y propiedades mecánicas:	0.30 C, 1.35 Mn, 0.04 P, 0.05 S			
Espesor de la ranura del metal base :	0.812"			
<b>Metal de aporte (QW-404)</b>				
F-N°	3	Otro	6	
A-N°	1	Otro	10	
Especificación N° (SFA):	5.1 y 5.5 : 5.29			
AWS N° (Clase):	E-6010 : E71T8-N1 1/2			
Tamaño del metal de aporte:	5/32, 5/64 diámetro.			
WPS	Especificación del Procedimiento de Soldadura			
AWS	Sociedad Americana de Soldadura			
SMAW	Soldadura de Arco Manual Protegida			
FCAW-SS	Soldadura de Arco con Núcleo de Fúndente (Auto-Protector)			
<b>Posiciones (QW-405)</b>			<b>Pre calentamiento (QW-406)</b>	
Posición de la ranura : <u>5G</u>			Temp. mínima de Prec. : <u>No requiere.</u>	
Progresión de soldadura : <u>Ariba</u> ___ Abajo ___			Interpasos temp. máxima. : <u>No requiere.</u>	
Posición de aporte : <u>Todas.</u>			Mantener el Pre calentam. : <u>No requiere.</u>	
<b>Trat. térmico de Postsoldadura (QW-407)</b>			<b>Gas (QW-408)</b>	
Rango de temperatura. : <u>No requiere.</u>			Protección con gas. : <u>No requiere.</u>	
Rango de tiempo. : <u>No requiere.</u>			% de composición (Mn) : <u>No requiere.</u>	
			Rango de flujo. : <u>No requiere.</u>	

Continuación del formato IV.7.

<b>RGM</b>	<p><b>Manual de Procedimientos</b>  <b>Título: Especificación del Procedimiento de soldadura para la sección Perimetral de las camisas</b></p>	<p><b>Fecha:</b>  <b>Procedimiento:</b>  <b>Revisión N°:</b>  <b>Pag. 2 de 2</b></p>					
<b>Características eléctricas (QW-409) pasos de fondo.</b>							
Corriente AC o DC.:	DC	Polaridad:	Inversa (1)				
Amps. (Rango)	120-140	Volts (Rango)	22-24				
El rango de Amps y Volts puede ser registrado para cada tamaño de electrodo, posición, espesor, etc. Esta información puede ser listada en forma tabular.							
Corriente AC o DC	DC	Polaridad (-)	Pase de aporte y finales.				
Amps. (rango)	235	Volts (rango)	19-20				
<b>Técnica (QW-410)</b>							
Cordón longitudinal u oscilación :	<u>Cordón longitudinal</u>						
Tamaño del orificio o copa del gas :	<u>No requiere.</u>						
Limpieza inicial y entra pasos :	<u>Brocha y Carga</u>						
Método de limpieza :	<u>De retroceso con Carga</u>						
Distancia disyuntiva :	<u>3/4"</u>						
Pasos múltiples o simples :	<u>1Añadas.</u>						
Electrodos múltiples o simples :	<u>Simple.</u>						
Otros : <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>							
<b>Tabla de especificaciones de soldadura</b>							
Número de Soldadura	Procedimiento	Método de aporte		Corriente		Rango de Voltaje de soldadura	Otros
		Clase	Ø	Tipos de soldadura	Volts		
1	EMPAJA	E-4010	5/32"	DC	120-140	22-24	
2	PCAW-III	E-4010	5/32"	DC	125	18-20	Intermitente
3	PCAW-III	E-4010	5/32"	DC	125	18-20	Intermitente
4	PCAW-III	E-4010	5/32"	DC	125	18-20	Intermitente

El formato IV.6, muestra el WPS, que es una guía para realizar soldaduras longitudinales del encamisado

<b>RGM</b>	<b>Manual de Procedimientos</b>			Fecha: _____
	Título : Especificación del Procedimiento de soldadura para la sección longitudinal de las camisas			Procedimiento: _____
			Revisión N° _____	Pag. <u>1</u> de <u>2</u>
<b>Unión (QW - 402)</b> Soldadura longitudinal				
Diseño de junta : Simple V				
Respaldo Si ( ) No ( )				
Material de respaldo : Soldadura y metal base.				
Espesor : 0.612 plg				
Proceso de soldadura	Paso raíz	Paso de relleno	Pasos finales	
	SMAW	FCAW-SS	FCAW-SS	
<b>Metal base (QW-403)</b>				
P-N° <u>1</u>	Grupo N° <u>2</u>	a P-N° <u>1</u>	Grupo N° <u>2</u>	
Especificación, tipo y grado:		API 5L X62		
A especificación, tipo y grado:		API 5L X62		
Análisis químico y propiedades mecánicas:		0.30 C, 1.35 Mn, 0.04 P, 0.05 S		
1° análisis químico y propiedades mecánicas:		0.30 C, 1.35 Mn, 0.04 P, 0.05 S		
Espesor de la ranura del metal base :		0.612"		
<b>Metal de aporte (QW-404)</b>				
F-N° <u>3</u>	Otro _____	6		
A-N° <u>1</u>	Otro _____	10		
Especificación N° (SFA):		5.1 y 5.5 : 5.29		
AWS N° (Clase):		E-6010 : E71T8-Ni 1 %		
Tamaño del metal de aporte:		5/32, 5/64 diámetro.		
WPS	Especificación del Procedimiento de Soldadura			
AWS	Sociedad Americana de Soldadura			
SMAW	Soldadura de Arco Manual Protegida			
FCAW-SS	Soldadura de Arco con Núcleo de Fúndente (Auto-Protector)			
<b>Posiciones (QW-405)</b>		<b>Precalentamiento (QW-406)</b>		
Posición de la ranura : <u>2G</u>		Temp. mínima de Prec. : <u>No requiere.</u>		
Progresión de soldadura : <u>Arriba_ Abajo_</u>		Interpasos temp. máxima. : <u>No requiere.</u>		
Posición de aporte : <u>Horizontal y Plans</u>		Mantener el Precalentam. : <u>No requiere.</u>		
<b>Trat. térmico de Postsoldadura (QW-407)</b>		<b>Gas (QW-408)</b>		
Rango de temperatura. : <u>No requiere.</u>		Protección con gas. : <u>No requiere.</u>		
Rango de tiempo. : <u>No requiere.</u>		% de composición (Min). : <u>No requiere.</u>		
		Rango de flujo. : <u>No requiere.</u>		

## Continuación del formato IV.8.

<b>RGM</b>	<b>Manual de Procedimientos</b>	Fecha: _____
	Título : Especificación del Procedimiento de soldadura	Procedimiento: _____
	para la sección longitudinal de las camisas	Revisión N° _____
		Pag. <u>  </u> de <u>  </u>

**Características eléctricas (QW-408) pasos de fondo.**

Corriente AC o DC.:	DC	Polaridad.:	Inversa (+)
Amps. (Rango)	120-140	Volts (Rango)	22-24

El rango de Amps y Volts puede ser registrado para cada tamaño de electrodo, posición, espesor, etc. Esta información puede ser listada en forma tabulada.

Corriente AC o DC	DC	Polaridad	(-)	Pasos de aporte y finales.
Amps. (rango)	235	Volts (rango)	19-20	



**Técnica (QW-418)**

Cordón longitudinal u oscilación :	Cordón longitudinal
Tamaño del orificio o copa del gas :	No requiere.
Limpieza inicial y entre pasos :	Brocha y Cards.
Método de limpieza :	Da retroceso con Cards
Distancia diayuntiva :	3/4"
Pasos múltiples o simples :	Múltiples.
Electrodos múltiples o simples :	Simple.

Otros : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_


Nivel sold.	Proceso	Materiales		Corriente			Rango de Velocidad de viaje	Otro
		Clase	Ø	Tipo de corriente	Amps.	Volts		
1	SMAW	E-6010	5/32"	DC(-)	120-140	22-24	---	
2	FCAW-SS	E-71T8 Ni 1%	5/64"	DC(-)	235	18-20	90	Distancia eléctrica 3/4"
3	FCAW-SS	E-71T8 Ni 1%	5/64"	DC(-)	235	19-20	90	
4	FCAW-SS	E-71T8 Ni 1%	5/64"	DC(-)	235	19-20	90	
5	FCAW-SS	E-71T8 Ni 1%	5/64"	DC(-)	235	18-20	90	
6	FCAW-SS	E-71T8 Ni 1%	5/64"	DC(-)	235	19-20	90	
7	FCAW-SS	E-71T8 Ni 1%	5/64"	DC(-)	235	19-20	90	

La Especificación del Procedimiento de Soldadura (WPS), para la aplicación de la soldadura de Sello, Camisa-Ducto; es dado en el formato IV.9.

	Manual de Procedimientos			Fecha:
	Título : Especificación del Procedimiento de soldadura para la sección de Sello, Camisa-Ducto.			Procedimiento:
				Revisión N°:
				Pag. <u>1</u> de <u>2</u>
<b>Unión (QW - 402) Soldadura de Sello, Camisa-Ducto.</b> Diseño de junta : Flete.				
Espesor de la soldadura aplicada : 0.812" máx. Nota : Referirse a QW-452.6, para calificación de sold. aplicada por un soldador u operador sobre pruebas a cordones de soldadura.				
Procesos de soldadura	Paso raíz	Paso de relleno	Pasos finales	
	SMAW	SMAW	SMAW	
<b>Metal base (QW-403)</b> P-N° <u>1</u> Grupo N° <u>2</u> a P-N° <u>1</u> Grupo N° <u>2</u> Especificación, tipo y grado: <u>API 5L X62</u> A especificación, tipo y grado: <u>API 5L X62</u> Análisis químico y propiedades mecánicas: <u>0.30 C, 1.35 Mn, 0.04 P, 0.05 S</u> 1° análisis químico y propiedades mecánicas: <u>0.30 C, 1.35 Mn, 0.04 P, 0.05 S</u> Espesor de la ranura del metal base : <u>0.812"</u>				
<b>Metal de aporte (QW-404)</b> F-N° <u>4</u> Otro _____ A-N° <u>1</u> Otro _____ Especificación N° (SFA): <u>5.1 y 5.5.</u> AWS N° (Clase): <u>E-7018.</u> Tamaño del metal de aporte: <u>1/8, 5/32 diámetro.</u>				
WPS Especificación del Procedimiento de Soldadura AWS Sociedad Americana de Soldadura SMAW Soldadura de Arco Manual Protegida FCAW-SS Soldadura de Arco con Núcleo de Fúndente (Auto-Protector)				
<b>Posiciones (QW-405)</b> Posición de la ranura : <u>5E</u> Progresión de soldadura : <u>Arriba_ Abajo_</u> Posición de aporte : <u>Todas.</u>			<b>Pre calentamiento (QW-406)</b> Temp. mínima de Prec. : <u>No requiere.</u> Interpaes temp. máxims. : <u>No requiere.</u> Mantener el Pre calentam. : <u>No requiere.</u>	
<b>Trat. térmico de Postsoldadura (QW-407)</b> Rango de temperatura. : <u>No requiere.</u> Rango de tiempo. : <u>No requiere.</u>			<b>Gas (QW-408)</b> Protección con gas. : <u>No requiere.</u> % de composición (Min): <u>No requiere.</u> Rango de flujo. : <u>No requiere.</u>	




Continuación del formato IV.9.

	<p><b>Manual de Procedimientos</b></p> <p>Título : Especificación del Procedimiento de soldadura para la sección de Sello, Camisa-Ducto.</p>	<p>Fecha: _____</p> <p>Procedimiento: _____</p> <p>Revisión N°: _____</p> <p>Pag. <u>2</u> de <u>2</u></p>																																																							
<p><b>Características eléctricas (QW-400) pasos de fundeo.</b></p> <p>Corriente AC o DC.: <u>DC</u> Polaridad.: <u>Inversa (+)</u></p> <p>Amps. (Rango) <u>120-140</u> Volts (Rango) <u>22-24</u></p> <p>El rango de Ampe y Volts puede ser registrado para cada tamaño de electrodo, posición, espesor, etc. Esta información puede ser listada en forma tabulada.</p>																																																									
<p><b>Técnica (QW-610)</b></p> <p>Cordón longitudinal u oscilación : <u>Ambos.</u></p> <p>Tamaño del orificio o copa del gas : <u>No se requiere.</u></p> <p>Limpieza inicial y entre pasos : <u>Brocha y Carda.</u></p> <p>Método de limpieza : <u>De retroceso con Carda</u></p> <p>Distancia de trabajo al tubo : <u>No requiere.</u></p> <p>Pasos múltiples o simplea : <u>Múltiples.</u></p> <p>Electrodos múltiples o simples : <u>Simplea.</u></p> <p>Otros : _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nivel sold.</th> <th rowspan="2">Proceso</th> <th colspan="2">Módulo de aporte</th> <th colspan="3">Carrito</th> <th rowspan="2">Rango de velocidades de trabajo</th> <th rowspan="2">Otro</th> </tr> <tr> <th>Clase</th> <th>Ø</th> <th>Tipo de polo</th> <th>Amp.</th> <th>Volts</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>SMAW</td> <td>E-6010</td> <td>1/8"</td> <td>DC(-)</td> <td>100-120</td> <td>22</td> <td>---</td> <td rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Distancia eléctrica 3/4"</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>SMAW</td> <td>E-6010.</td> <td>5/32"</td> <td>DC(-)</td> <td>120-140</td> <td>22-24.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>SMAW</td> <td>E-7018.</td> <td>5/32"</td> <td>DC(-)</td> <td>120-140</td> <td>22-24.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>SMAW</td> <td>E-7018.</td> <td>5/32"</td> <td>DC(-)</td> <td>120-140</td> <td>22-24.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>SMAW</td> <td>E-7018.</td> <td>5/32"</td> <td>DC(-)</td> <td>120-140</td> <td>22-24.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Nivel sold.	Proceso	Módulo de aporte		Carrito			Rango de velocidades de trabajo	Otro	Clase	Ø	Tipo de polo	Amp.	Volts	1	SMAW	E-6010	1/8"	DC(-)	100-120	22	---	Distancia eléctrica 3/4"	2	SMAW	E-6010.	5/32"	DC(-)	120-140	22-24.		3	SMAW	E-7018.	5/32"	DC(-)	120-140	22-24.		4	SMAW	E-7018.	5/32"	DC(-)	120-140	22-24.		5	SMAW	E-7018.	5/32"	DC(-)	120-140	22-24.	
Nivel sold.	Proceso	Módulo de aporte			Carrito			Rango de velocidades de trabajo	Otro																																																
		Clase	Ø	Tipo de polo	Amp.	Volts																																																			
1	SMAW	E-6010	1/8"	DC(-)	100-120	22	---	Distancia eléctrica 3/4"																																																	
2	SMAW	E-6010.	5/32"	DC(-)	120-140	22-24.																																																			
3	SMAW	E-7018.	5/32"	DC(-)	120-140	22-24.																																																			
4	SMAW	E-7018.	5/32"	DC(-)	120-140	22-24.																																																			
5	SMAW	E-7018.	5/32"	DC(-)	120-140	22-24.																																																			


En el formato IV.10, se anotan las condiciones reales en las que se realizó la soldadura de las pruebas de calificación.

<b>RGM</b>	<b>Manual de Procedimientos</b>		Fecha: _____
	Título : Registro de Calificación del Procedimiento de Soldadura SMAW y FCAW-SS		Procedimiento: _____ Revisión N°: _____ Pag. <u>  </u> de <u>  </u>
Reg. de Calificación del Procedimiento    N° _____ Rev. : _____ Fecha : _____			
WPS N° : _____			
Proceso de soldadura : _____			
Tipo : _____			
<b>Junta o ranura (QW-402)</b>			
Tipo de junta : _____		Dibujo referente a la soldadura a analizar.: _____	
Dimensiones : _____			
a = _____		b = _____	
c = _____		Otro = _____	
Respaldo :    SI : _____ No : _____			
Tipo de material de respaldo : _____			
<b>Metal base (QW-403)</b>			
N° _____ A N° P _____		Grupo N° _____ A grupo N° _____	
Grado de camisa API : _____		Grado de categoría : _____	
Cubre grados de : _____		A : _____	Espesor : _____
Composición química : _____		O.C.E. : _____	
Diámetro de camisa : _____		Otros : _____	
<b>Metal de aporte (QW-404)</b>			
Espec. AWS : _____		Clasf. AWS : _____	
Diámetro del electrodo : _____		N° F _____ N° A _____	
Clasf. fundente : _____		Nombre comercial : _____	
Inserto consumible : _____		Nombre comercial : _____	
Nombre comercial : _____		Micro alambre (AWS N°) : _____	
		Diámetro : _____	
<b>Posición (QW-405)</b>		<b>Pre calentamiento (QW-406)</b>	
Pos. ranura : _____		Temp. de Prec.: _____	
Otro : _____		Temp. interp. máx. : _____	
		<b>Post calent. (QW-407)</b>	
		Temp. : _____	
		Tiempo : _____	

Continuación del formato IV.10.

 <b>Manual de Procedimientos</b> <b>Título : Registro de Calificación del Procedimiento de Soldadura SMAW y FCAW-SS</b>		Fecha: _____				
		Procedimiento: _____				
<b>Gas (QW-400)</b> Tipo de gas : _____ Mezcla : _____		Revisión N° _____ Día _____ de _____ de _____				
<b>Características eléctricas (QW-400) y Técnica (QW-410)</b> Corriente SMAW, FCAW-SS : AC ( ) o DC ( ) Polaridad : _____						
<b>N° Pasos</b>	<b>Amperaje</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Ø Eléctrico</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Notas</b>	
1	_____	_____	_____	_____	_____	
2	_____	_____	_____	_____	_____	
3	_____	_____	_____	_____	_____	
<b>Otros :</b>						
<b>Pruebas (QW-150), (QW-160), etc.</b>						
Prueba de tensión transversal : Min. req. (UTS)						
<b>Probeta N°</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Espesor (mm)</b>	<b>Área (mm²)</b>	<b>Últ. carga (Kg)</b>	<b>L. rest. T. (Kg/mm²)</b>	<b>Tipo de ranura (Kg/mm²)</b>
<b>Doblez guiado transversal : Tipo y figura.</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Resultado</b>	<b>Tipo</b>	<b>Resultado</b>			
Tensión-Elongación, Longación : % Elong. Min.						
Mella (Nick-Break) : Figura B5, Apéndice B, SPEC API 5L						
Resultado probeta N° _____						
Resultado probeta N° _____						
Tenacidad (Impacto), Tipo : _____ Dimensión : _____ Especf. : _____						
Localización : Metal soldadura (MS), Metal base (MB), Zona afect. calor (HAZ)						
Resultados :						
Posic. Sold. : _____ Local. _____ E. abs. _____ % A duct. _____ Temp.°C _____						
Dureza : MS ( ) MB ( ) HAZ ( )						
Resultados radiográficos : _____ Otros : _____						
Certificamos que los datos de este registro son correctos y las pruebas de soldadura fueron preparadas acorde a los requerimientos de la sección IX del código ASME. Soldadas y aprob. de acuerdo a : _____ Op. o soldador : _____ Aprobado : _____ Supervisado : _____						

El formato IV.11, es una solicitud de pruebas a realizar por una compañía externa de Control de Calidad, en donde se le especifica el tipo de prueba que se necesita y la especificación correspondiente a la que se tiene que ajustar al calificar la probata.

 <b>Manual de Procedimientos</b> <b>Título : Solicitud de pruebas de laboratorio.</b>	
<b>Fecha de solicitud :</b>	<b>N°</b>
<b>N° de piezas o pruebas :</b>	<b>Área solicitante :</b>
<b>Identificación de muestras :</b>	
<b>Anexo dibujo de la pieza :</b> <b>Si ( )</b> <b>No ( )</b> <b>Especificación :</b>	
<b>Tipos de pruebas requeridas :</b>	
( ) Tensión.	( ) Macro Ataque.
( ) Doblez .	( ) Análisis químico.
( ) Impacto	( ) Análisis granulométrico
( ) Dureza.	( ) Humedad
( ) Estudio Metalográfico.	( ) Otros.
_____	_____
<b>Jefe de soldadura</b>	<b>Recepción-Laboratorio</b>

Con lo desarrollado en este capítulo, se tiene una guía completa para producir soldaduras de calidad, conforme a lo dispuesto por el cliente. El siguiente paso sería, impartir un curso de alrededor de 40 hrs, a las personas responsables de llenar los formatos, así como explicarles la información dispuesta en ellos.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El objetivo de esta tesis, es la implantación de un método escrito, dentro de una organización, para la producción de soldaduras con calidad, en el proceso de encamisado a tuberías. Teniendo como parámetros a seguir lo estipulado por la sección IX del código ASME y la especificación AP15L.

La utilización de este documento, llega desde el nivel del soldador calificado para realizar la soldadura, seguido del jefe del departamento de soldadura que supervisará la ejecución, hasta el Ingeniero de Campo o Superintendente de Obra, que autorizan la calificación obtenida por el soldador, y en caso de requerirla el cliente, puede ser mostrada para respaldar el trabajo realizado.

La finalidad de este documento es la de establecer reglas para la organización, capacitación, adiestramiento, certificación y métodos a seguir por el personal, en la realización de soldaduras sanas, así como mencionar las inspecciones que se deberán realizar, para cumplir con lo dispuesto por códigos y especificaciones, que anteriormente se fijaron.

Los aspectos relevantes en la realización de la tesis son :

- a) El Manual de Procedimientos, que brinda una mejor organización del personal y distribución jerárquica de las funciones de cada uno de estos.
- b) Con la utilización de este documento, se tiene la seguridad de que cualquier soldador de la misma categoría, puede realizar la aplicación correcta de la soldadura.
- c) Además de que la empresa, al implantar este tipo de Manual de Procedimientos, ésta al mismo nivel de cualquier otra en el mundo, que trabaje con el proceso de encamisado de tuberías, con los mismos estándares de calidad.

Los cuidados que se deben tener para llevar a la práctica este documento, son los siguientes :

- 1) Realizar una distribución cuidadosa de categorías del personal.
- 2) Capacitar, adiestrar y certificar la habilidad del personal.
- 3) Al jefe del departamento de soldadura, adiestrarlo en la utilización de la información dispuesta en este documento y el correcto llenado de los formatos correspondientes.
- 4) Tener presentable el Manual de Procedimientos y la certificación de la habilidad del personal de soldadura, para mostrarlo al cliente cuando lo solicite.
- 5) Actualizar el Manual de Procedimientos, de cualquier corrección o mejora, a la brevedad posible.
- 6) Que en el área de trabajo, el soldador use el WPS correspondiente a la soldadura que aplicará.
- 7) El jefe del departamento de soldadura, supervisará la ejecución de las soldaduras, de que se lleven a cabo conforme a lo descrito en el WPS y alguna alteración será rectificadas, en el mismo sitio de trabajo.

**BIBLIOGRAFIA.**

- 1            **PROCESOS BÁSICOS DE MANUFACTURA.**  
**H.C.KAZANAS, G.E.BAKER, T.G.GREGOR,**  
**MC GRAW HILL, 1983, PAG. 308 Y 322.**
  
- 2            **INTRODUCTORY WELDING METALLURGY**  
**AMERICAN WELDING SOCIETY.**  
**SEGUNDA IMPRESIÓN, SEPT 1971, PAG 13.**
  
- 3            **NORMA OFICIAL MEXICANA.**  
**SOLDADURA - TÉRMINOS Y DEFINICIONES.**  
**NOM - H - 93 - 1988.**  
**FCAW - PAG. 63, GMAW - PAG. 73, GTAW Y SMAW - PAG. 74.**
  
- 4            **CÓDIGO ASME DE CALDERAS Y RECIPIENTES A PRESIÓN.**  
**SECCIÓN IX "WELDING AND BRAZING QUALIFICATIONS"**  
**EDICIÓN DE JULIO DE 1992.**
  
- 5            **API.**  
**ESPECIFICACIÓN 5L.**  
**CUADRAGÉSIMA EDICIÓN, 1 DE NOV. DE 1992.**

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**