

T
671.5204
PRA 2



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

Facultad de Ingeniería en Mecánica

**Procedimientos de Control de Soldadura Aplicados
a las Partes a Presión de una Caldera para
una Central Térmica.**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de
INGENIERO MECANICO

Presentado por :
David Enrique Prado Moreno

Guayaquil - Ecuador

A Ñ O 1 9 9 7

AGRADECIMIENTO

Al Ing. OMAR SERRANO por su invaluable ayuda y colaboración desinteresada en el desarrollo de este trabajo.

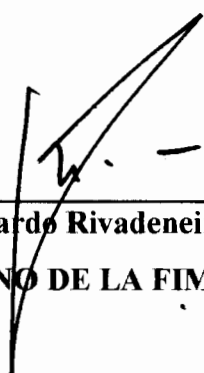
A los Ingenieros y Técnicos del Consorcio Santos-CMI, Babcock & Wilcox, SENDRE, INECEL, y muy especialmente al Ing. Armando Pastrana .



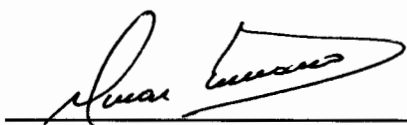
DEDICATORIA

A DIOS, A MIS PADRES
HERMANOS y AMIGOS, pero
muy especialmente a mi padre

TRIBUNAL DE GRADUACION



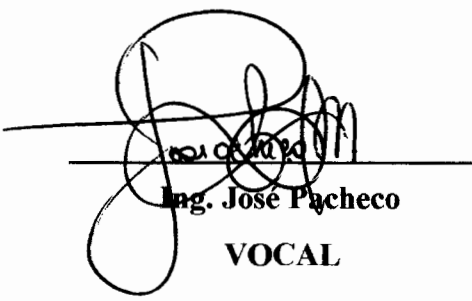
Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIM



Ing. Omar Serrano V.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Julián Peña
VOCAL



Ing. José Pacheco
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

“ La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, corresponden exclusivamente a su autor, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL ”

(Reglamento, de graduación de la ESPOL)



DAVID ENRIQUE PRADO MORENO.



RESUMEN

La creciente importancia que los procesos de soldadura alcanzan cada día en la construcción de proyectos de todo tipo, da origen a que se implemente un procedimiento de control de calidad para evitar de esta forma una serie de problemas que se originan cuando se ejecutan soldaduras sin un control adecuado.

Se inicia el trabajo haciendo un análisis del problema energético del País y tratando de las alternativas para generar energía eléctrica. También se da la justificación para la construcción de una central térmica, e inclusive se resumen las características más importantes de las misma.

Se realiza la especificación de los procedimientos de soldadura, dando a conocer la variedad de materiales base y materiales de aporte que se podrían utilizar en la construcción de las partes a presión de la caldera.

Al realizar el diseño del procedimiento de control se inicia con la elaboración de un organigrama y además se realiza la descripción de funciones.

Seguido a esto, se realiza la especificación de él o los procedimientos de soldadura, los cuales deben someterse a calificación pasando por la serie de ensayos que demanda el Código ASME Sección IX.

Además se debe realizar la calificación de los soldadores, tarea que está a cargo del departamento de control de calidad de soldadura, además de las inspecciones tanto

visuales como radiográficas y la de la calificación del personal que estará a cargo de los ensayos no destructivos.

Finalmente se da a conocer la forma de como se lleva la documentación de todas y cada uno de las funciones enumeradas anteriormente y se realiza una evaluación de los procedimiento de control utilizados, e incluso las respectivas conclusiones y recomendaciones.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	VIII
INDICE DE PLANOS.....	XI
INDICE DE TABLAS.....	XII
INDICE DE ABREVIATURAS.....	XIII
INDICE DE FORMATOS.....	XV
INTRODUCCION.....	16
CAPITULO I.	
ASPECTOS GENERALES	17
1.1. El problema energético del Ecuador.....	17
1.2. Alternativas para generar energía eléctrica en el Ecuador.....	18
1.3. Justificación de una Central Térmica.....	19
1.4. Características de una Central Térmica.....	20
1.5. Central Térmica Trinitaria.....	22
1.6. Fiscalización del montaje de la Central Térmica.....	24
1.7. Montaje de la Central Térmica.....	24
CAPITULO II	
CONSIDERACIONES TÉCNICAS.....	26

	Pág.
2.1. Descripción general de las partes a presión de caldera para una Central Térmica.....	26
2.2. Programa de puntos de inspección.....	33
2.3. Normas Técnicas.....	35
2.4. Especificaciones Contractuales.....	36
2.5. Procesos de Soldadura.....	38
2.5.1. Materiales base; Especificaciones ASTM.....	38
2.5.2. Electrodo para Aceros al Carbono.....	42
2.5.3. Electrodo para Aceros de Baja Aleación.....	47
2.5.4. Electrodo para Aceros de Alta Aleación.....	48
2.5.5. Pre calentamiento y Post calentamiento.....	52
 CAPITULO III	
PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE SOLDADURAS.....	62
3.1. Organización.....	62
3.1.1. Elaboración de un Organigrama.....	62
3.1.2. Descripción de funciones.....	63
3.1.3. Elaboración de informes.....	68
3.2. Elaboración de procedimientos de soldadura.....	73
3.3. Calificación de procedimientos de soldadura.....	83

	Pág.
3.4. Calificación de Soldadores.....	103
3.5. Requerimientos de inspección de soldadura en una caldera acuotubular.....	112
3.6. Inspección visual de soldadura.....	114
3.7. Inspección radiográfica de soldadura.....	121
3.7.1. Calificación del personal de Ensayos No Destructivos.....	125
3.7.2. Revisión y calificación de radiografías y reportes.....	127
3.7.3. Documentación y control de la inspección de soldadura.....	131
 CAPITULO IV	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	136
CONCLUSIONES.....	136
RECOMENDACIONES.....	137
BIBLIOGRAFIA.....	138
ANEXOS.....	139

INDICE DE PLANOS.

No.	Pág.
1. Referencias y Descripciones de Caldera y Equipos.....	140
2. Diagrama de Agua y Vapor.....	141
3. Disposición General. Vista Lateral.....	142

INDICE DE TABLAS.

N°		Pág.
I.	Valores de esfuerzos máximos permisibles para materiales ferrosos	40
II.	Designación de electrodos.....	43
III.	Clasificación de electrodos.....	44
IV.	Composición química electrodos acero al carbono	45
V.	Comparación relativa electrodos acero al carbono.....	46
VI.	Electrodos revestidos aceros de baja aleación	49
VII.	Requerimientos químicos.....	50
VIII.	Electrodos para el resto de aceros de baja aleación.....	51
IX.	Electrodos para aceros inoxidable.....	53
X.	Varillas desnudas o alambre para acero inoxidable	54
XI.	Tratamiento térmico posterior a la soldadura.....	61
XII.	Números P	79
XIII.	Numero F.....	81
XIV.	Ensayos requeridos para calificación de procedimientos	98
XV.	Variables para calificación de procedimientos de soldadura.....	104

INDICE DE ABREVIATURAS.

BWE	Babcock Wilcox Española.
INECEL	Instituto Ecuatoriano de Electrificación
COSAMI	Consortio Santos - CMI.
DCCS	Departamento de Control de Calidad de Soldadura
ASME	Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos.
AWS	Sociedad Americana de Soldadura.
ASTM	Asociación Americana para Pruebas de Materiales.
AISI	Instituto Americano del Hierro y Acero.
RCP	Registro de Calificación de Procedimientos
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización.
C	Carbono
Cr	Cromo
Ni	Níquel
Si	Silicio
Mo	Molibdeno
Mn	Manganeso
Mg	Magnesio
°C	Grados Centígrados
°F	Grados Farenheit
Plg	Pulgadas

mm	Milímetros.
TIG	Tungsten Inert Gas
GTAW	Gas Tungsten Arc Welding.
SMAW	Shield Metal Arc Welding.
WPS	Especificación del Procedimiento de Soldadura
PQR	Registro de Calificación de Procedimientos.
Mw	Megawattios

INDICE DE FORMATOS.

Nº.	Pág.
1. Control de Asistencia.....	70
2. Reporte de Avance de Soldadura.....	71
3. Relación de Soldadores Calificados.....	72
4. Control Radiográfico	74
5. Ejemplo de WPS con datos reales	76
6. Ejemplo de PQR con datos reales	86
7. Revisión de Unidad Radiográfica	128
8. Control de Radiografías.....	132
9. Control de Reparaciones	134
10. Certificación de Calidad	135

INTRODUCCIÓN.

En la actualidad la implementación de proyectos es de vital importancia para los países en vías de desarrollo. Es por esta razón que las compañías constructoras nacionales consideran que la aplicación de sistemas de calidad es el único camino para poder competir en eficiencia con las compañías extranjeras que operan en nuestro medio.

La formación de un Departamento de Control de Calidad es de mucha importancia para el aseguramiento de la misma.

En el caso específico de este trabajo se hará referencia al Departamento de Control de Calidad de Soldadura (D.C.C.S.), el cual tiene como función desarrollar un programa de control que comienza con la elaboración de procedimientos de soldadura, calificación de los mismos y luego de haber sido aprobados, verificar que todos los procedimientos de soldadura sean aplicados correctamente, sin violar ninguna de las especificaciones establecidas.

Como se dijo anteriormente, el aseguramiento de la calidad es lo único que puede garantizar la entrega de buenos proyectos y es función del D.C.C.S. controlar que ello se cumpla.

En el presente trabajo se presenta en forma ordenada los procedimientos más importantes que se deben seguir para un control de calidad de soldadura aplicados a las partes a presión de una caldera para una Central Térmica.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES.

1.1. EL PROBLEMA ENERGÉTICO EN EL ECUADOR.

Debido a la crisis energética sufrida en el país en 1995, crisis que en parte se debió a los retrasos en los trabajos de construcción de la Central Hidroeléctrica Daule-Peripa y sumado a ello el crecimiento de la demanda de energía eléctrica prevista para los próximos años, se hizo imprescindible y urgente la ejecución de proyectos de generación térmica que puedan entrar en operación oportunamente para de esta manera evitar futuros problemas en el suministro de energía eléctrica, con las correspondientes pérdidas económicas que tanto afectan al desarrollo del país.

El problema radica fundamentalmente en que en nuestro país la mayor parte de la generación eléctrica es cubierta por el sector hidroeléctrico. Los déficit energéticos que se han dado en los últimos años, no es por la falta de disponibilidad de potencia, sino debido a la disponibilidad de energía firme en el periodo crítico del sistema que coincide con el período de estiaje de la cuenca del río Paute entre Noviembre y Marzo.

En la actualidad gracias a la participación de la empresa privada la situación energética se soluciona momentaneamente, pero esto no significa que el problema está resuelto.

La generación térmica gracias a su menor costo de inversión inicial y al corto tiempo que se requiere para que sus unidades entren en funcionamiento, se ha convertido en una solución a corto plazo para solventar la dura crisis energética que continuamente tiene que soportar nuestro país.

1.2. ALTERNATIVAS PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL ECUADOR.

La demanda del país está alrededor de 1650 MW , aproximadamente el 70% es cubierta por las centrales hidroeléctricas y el 30% restante lo hacen las centrales térmicas.

Es posible que con el programa desarrollado por Inecel de aumentar el número de centrales térmicas, estas puedan llegar a cubrir el 50% de la demanda nacional.

GENERACIÓN TÉRMICA A FUTURO.

La inauguración de la nueva planta de 84 MW de Electroquil sirvió de marco para que la institución firme una carta de Intención con Inecel para la instalación de 160 MW adicionales, la misma que de ser aceptada estarían listos luego de medio año a partir de la firma del contrato.

Por otro lado Emelec ha presentado al gobierno una oferta a través de Inecel para instalar 160 MW más en turbinas heavy duty y que estarían listos en 6 ó 7 meses luego de la firma del contrato.



En los actuales momentos Inecel está montando la Central Térmica Trinitaria de 125 MW y que entrará en operación en Octubre de 1997.

Así mismo se firmó el contrato para provisión y montaje de una turbina a gas de 102 MW que operará en Pascuales a principios de 1997.

Con un estudio de prospección y explotación del gas del Golfo de Guayaquil, se tendrá una fuente energética limpia y de bajo costo, destinada particularmente a la generación térmica a través de plantas de generación que se instalarán en áreas de la península de Santa Elena y de manera general en la provincia del Guayas.

Una nueva alternativa en generación termoeléctrica sería la utilización de residuos de crudos pesados la cual es más económica que la utilización de diesel como combustible.

A pesar de que la generación térmica es una solución inmediata no se pueden abandonar los proyectos hidroeléctricos, ya que hay que aprovechar la riqueza de nuestros recursos hidráulicos. (Ref. 1).

1.3. JUSTIFICACIÓN DE UNA CENTRAL TÉRMICA.

Hay que mencionar que los costos de inversión de una central hidroeléctrica son mucho más elevados y que el tiempo en que entrará en funcionamiento a partir del inicio de su construcción es mayor que los de una central térmica. También hay que mencionar que luego de recuperar la inversión de la central

hidroeléctrica, la energía que esta genera es realmente barata ya que su costo se deriva únicamente de los costos de operación y mantenimiento.

La verdadera justificación de una central térmica en nuestro país se la da en términos de la grave crisis energética sufrida en 1995 y que fue debido en gran parte a que la mayor fuente de generación de potencia del país que es la Central Hidroeléctrica de Paute atravesaba por graves problemas en su funcionamiento, originados por uno de los más grandes estiajes de los últimos años, lo cual es conocido por todos.

Es por esta razón que el Gobierno Nacional tomó la decisión de invertir en centrales térmicas, ya que, a parte de que su costo de inversión inicial es más bajo que el de las hidroeléctricas, el tiempo de entrega de la obra es mucho menor y de esta forma se podrá combatir en parte las posibles crisis energéticas.

1.4. CARACTERÍSTICAS DE UNA CENTRAL TÉRMICA.

Las centrales térmicas son básicamente similares, se diferencian en los detalles asociados con los sistemas de manejo de combustible. Está compuesta por una gran cantidad de equipos y secciones , y su realización demanda del concurso de un gran cuerpo de ingenieros de todas las ramas, además de una buena cantidad de mano de obra calificada y sumados a ellos un amplio número de obreros.

El vapor sobrecalentado producido en la caldera se introduce en la turbina que está acoplada a un generador.

La turbina tiene tres partes montadas sobre un eje común: la sección de alta presión, la de presión intermedia y la sección de baja presión. Cada parte es una turbina específica, que tiene como finalidad extraer del vapor, el máximo de energía posible.

El vapor que sale de la turbina de alta presión vuelve a la caldera, donde se recalienta hasta su temperatura original. Desde el recalentador, el vapor se dirige a la turbina de presión intermedia, de donde pasa directamente a la turbina de baja presión y de aquí al condensador que opera en condiciones de presión muy bajas.

El vapor condensado (líquido), se bombea por los calentadores de agua de alimentación hacia el desaireador, allí se reduce al mínimo la concentración de oxígeno, lo cual, provocaría corrosión en la caldera. Desde el desaireador se transporta el líquido caliente hacia una bomba de alimentación, la cual, eleva la presión del agua hasta igualar a la presión de trabajo de la caldera.

El rendimiento del ciclo se mejora con el uso de los calentadores de alimentación y calentadores de aire. Los primeros trabajan con el vapor sobrante de los puntos de purga de la turbina y precalientan el condensado antes de que entre en la caldera. De modo similar se colocan calentadores de aire a la salida de la caldera en la entrada de la chimenea, donde el aire de entrada es precalentado por los gases de la combustión.

El agua de refrigeración del condensador circula por medio de miles de tubos y nunca entra en contacto con el vapor, para evitar contaminaciones.

En los lugares en que el agua de refrigeración se toma de una gran masa de agua como en el mar o un gran río, puede ser devuelta directamente a esa masa, donde se dispersa el calor por mezcla y enfriamiento natural.

1.5. CENTRAL TÉRMICA TRINITARIA.

La Central Térmica Trinitaria es un proyecto que tiene la capacidad la generación de 125 MW de potencia, está ubicada en en la parroquia Ximena, frente a la isla Trinitaria, en el sur de Guayaquil. Su construcción se ejecuta en atención a la creciente demanda de energía eléctrica que registra el país, especialmente en los sectores productivos.

La instalación y puesta en funcionamiento de esta central dará mayor confiabilidad al Sistema Nacional Interconectado a través del cual suministra el fluido eléctrico a todo el territorio nacional. Su ubicación junto a uno de los brazos del Estero del Muerto, en el Golfo de Guayaquil, facilitará el aprovisionamiento del combustible requerido (bunker C) para el funcionamiento de la Central, así como disponer de agua necesaria para su proceso de enfriamiento. *Ver figura 1.5.*

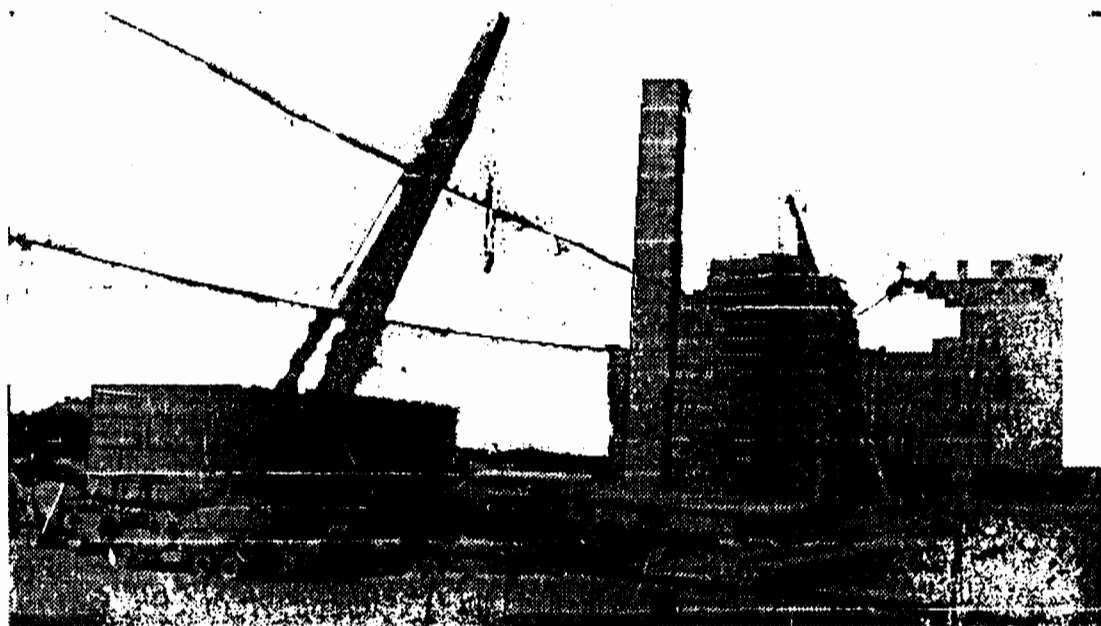


Fig. 1.5

VISTA DE LA CENTRAL TERMICA TRINITARIA

1.6. FISCALIZACIÓN DEL MONTAJE DE LA CENTRAL TÉRMICA.

Es necesario mencionar que la construcción de la Central Térmica Trinitaria está siendo financiada por dos créditos concedidos en porcentajes iguales por el Gobierno de España. El primer préstamo fue otorgado por medio del fondo de ayuda al desarrollo FAD, y el otro por el ABN-AMBRO Bank.

La firma constructora Babcock & Wilcox Española SA es la responsable del diseño, fabricación, suministro, transporte, y encargada de subcontratar y además de supervisar y fiscalizar la ejecución de obras civiles, montaje, pruebas y puesta en operación de los equipos eléctricos y mecánicos; así mismo dotará los equipos auxiliares, accesorios y repuestos para cinco años de operación.

Inecel por su lado también fiscaliza y supervisa todas las fases de la obra.

1.7. MONTAJE DE LA CENTRAL TÉRMICA.

La compañía Babcock-Wilcox Española SA. “BWE” firmó con el Instituto Ecuatoriano de Electrificación “INECEL” el contrato para suministrar bajo la modalidad “llave en mano” , la Central Térmica Trinitaria en la ciudad de Guayaquil, y ésta a su vez subcontrató al Consorcio Santos-CMI (COSAMI), para realizar todas las obras locales de la mencionada central.

Cosami tiene como función colaborar con BWE bajo la modalidad llave en mano, desde la llegada de materiales, hasta la recepción definitiva de los trabajos relativos al montaje y puesta en funcionamiento de la central, incluyendo el

suministro de materiales y prestación de servicios comprendidos en las especificaciones del contrato.

CAPITULO II

CONSIDERACIONES TÉCNICAS.

2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS PARTES A PRESIÓN DE CALDERA PARA UNA CENTRAL TÉRMICA.

DOMO ó CALDERIN.

El domo es un equipo que tiene forma cilíndrica horizontal, y tiene como función separar el agua en su punto de ebullición, del vapor, para lo cual cuenta con algunos accesorios como : tubos de agua de alimentación, tabiques o placas deflectoras, tubo secador, separador ciclón, conexiones para purgas, etc.

En una caldera para una central térmica por lo general el domo está ubicado en la parte superior y es abastecido de agua por intermedio de la tubería que conecta a éste con el colector de salida del economizador. Para una central de 125 Mw, la temperatura y presión del agua antes de ingresar al domo están por el orden de los 250°C y a 162 Kg/cm² respectivamente.

Es importante resaltar que todos los datos de presión y temperatura en las diferentes partes a presión que se van a describir son los pertenecientes a una caldera para una central térmica con capacidad de 125 Mw. *Ver en plano N° 1* “Referencias y descripciones de caldera y equipos”

ECONOMIZADOR.

Se denomina así por las funciones que presta de economizar energía, utilizando el calor de los gases de combustión antes de ingresar a la chimenea, de esta forma se aumenta la temperatura del agua de alimentación.

Está compuesto por una serie de tubos en forma de serpentines que al estar en contacto con los últimos gases de combustión, elevan la temperatura del agua que fluye en el interior de los mismos mejorando de esta forma el rendimiento térmico de la caldera.

Antes de ingresar al economizador, el agua de alimentación tiene aproximadamente 245°C y 160 Kg/cm² de presión. *Ver figura 2.1 . (Ref. 3).*

SOBRECALENTADORES Y RECALENTADORES.

Consisten en un sistemas de tubos localizados en el paso de los gases de hogar (fogón). En estos dispositivos el vapor saturado que baja desde el domo recibe un calor adicional por lo tanto la temperatura es aumentada al igual que la presión.

Ver figuras 2.1.1 ; 2.1.2 y 2.1.3 .

De esta manera se asegura que el vapor quede libre de humedades. La humedad, es muy perjudicial especialmente a la entrada de la turbina al entrar en contacto con los álabes de la misma.

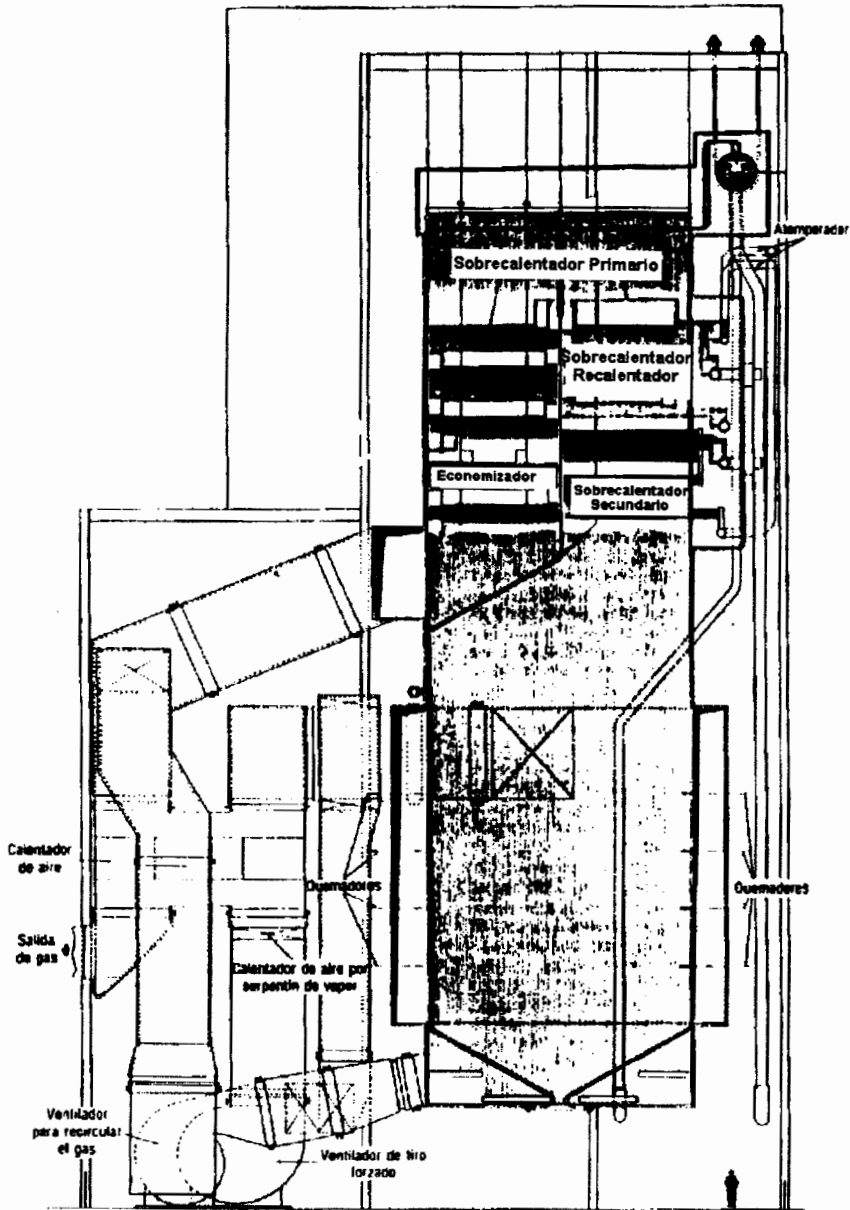


Fig. 2.1
Vista Lateral de las partes a presión de la caldera
(Ref. 3)



Fig. 2.1.1
COLECTOR SALIDA SOBRACTANTADOR PRIMARIO



Fig. 2.1.2
BANCO DE SALIDA DEL RECALENTADOR

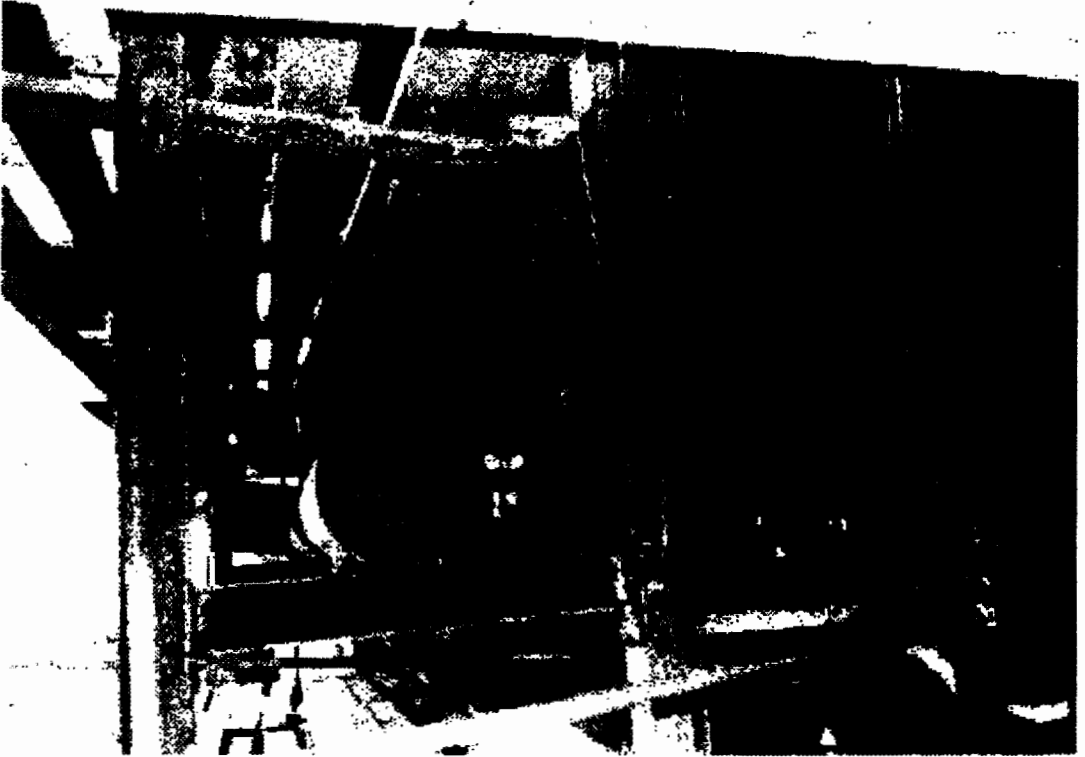


Fig. 2.1.3

COLECTOR DE SALIDA SOBRECALENTADOR

Es importante resaltar que en una caldera para una central de 125 Mw el vapor recalentado tiene aproximadamente 320°C y 37 Kg/cm^2 a la entrada del recalentador y 541°C ; 35.5 Kg/cm^2 a la salida del mismo.

En cambio en el sobrecalentador secundario a la entrada tiene aproximadamente 425°C y 154 Kg/cm^2 ; mientras que a la salida del mismo hay 541°C y 149 Kg/cm^2 . Cabe destacar que a la salida del sobrecalentador secundario se dan las condiciones de presión y temperatura más críticas de la caldera. Para mayor información observar el *plano N° 2* "Diagrama agua-vapor".

ATEMPERADORES.

Los métodos usados por los sobrecalentadores para regular la temperatura del vapor, están basados en la variación de la cantidad de calor absorbido por los dispositivos de calentamiento del vapor.

El atemperador tiene como principio de operación introducir agua de alta pureza en la tubería de vapor sobrecalentado a través de una tobera pulverizadora en la garganta de una sección venturi dentro de la tubería.

Debido a la acción pulverizadora dentro de la tobera y a la alta velocidad del vapor a través de la garganta venturi, el agua rápidamente se vaporiza, se mezcla y enfría el vapor sobrecalentado.

Como dato podríamos decir que el agua de atemperación tiene aproximadamente 170°C de temperatura y 191 Kg/cm^2 de presión. (Ref. 3).

COLECTORES DE AGUA Y VAPOR.

Son dispositivos de forma cilíndrica en donde el agua y/o vapor llegan y luego se distribuyen a los diferentes sitios de trabajo, los cuales pueden ser las paredes de tubos, serpentines, etc. *Ver figura 2.1.4.*

Son importantes también por que aparte de recibir y distribuir el agua y/o vapor, sirven como depósito para la acumulación de incrustaciones y otras materias sólidas que puedan estar presentes o precipitadas desde la caldera.

Sus condiciones de presión y temperatura dependen del lugar en el cual estén en la caldera y del trabajo que vayan a realizar.

2.2. PROGRAMA DE PUNTOS DE INSPECCIÓN.

Es necesario acotar que en el proceso de montaje de una caldera para una Central Térmica, existen dos frentes muy importantes, el frente de montaje de partes a presión y el frente de soldadura de partes a presión, los cuales van paralelamente contribuyendo al avance de la obra.

Es por esta razón que la Superintendencia de Montaje tiene que diseñar un programa de puntos de inspección, en el cual se detallará paso a paso la secuencia de montaje más óptima ya que paralelamente a ella el frente de soldadura tendrá que ir elaborando un plan, para de esta forma optimizar la producción de soldaduras en los respectivos frentes.



Fig. 2.1.4

**COLECTOR DE ENTRADA DEL SOBRECALENTADOR
SECUNDARIO**

Por lo general, la secuencia de montaje viene ya descrita en los planos entregados por la compañía contratista, de no ser así, la compañía subcontratista encargada del montaje tendrá que elaborarlo con la supervisión de la compañía contratista; y en lo que respecta a la soldadura de las partes a presión ya montadas, por lo general se inician soldando las partes exteriores como son las paredes laterales, frontales y posteriores y luego progresivamente se sueldan las partes interiores a la medida del avance del montaje.

2.3. NORMAS TÉCNICAS.

En lo referente a las partes a presión de caldera, especialmente en lo que tiene que ver con el control de calidad de soldadura se han considerado las siguientes normas :

Código de la *AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS ASTM* , que en español es Asociación Americana para Pruebas de Materiales. Se utilizó esta norma en lo referente a las pruebas mecánicas para calificación de procedimientos de soldadura.

- Código de la *AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, ASME*, que en español es Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. Se utilizó el ASME sección I en lo referente al diseño y fabricación de partes a presión de caldera y también en lo relacionado a los materiales se utilizó la sección II.

- En lo referente a la elaboración y calificación de procedimientos de soldadura y en el control de calidad de las mismas se utilizó el código ASME sección IX.
- En lo relacionado a los ensayos no destructivos de las juntas soldadas se utilizó el código ASME sección V.

2.4. ESPECIFICACIONES CONTRACTUALES.

El objetivo de esta especificación es definir las Condiciones Técnicas que regularán el montaje de un generador de vapor (caldera) y sus equipos auxiliares.

CONDICIONES TÉCNICAS.

Bajo la denominación de Condiciones Técnicas se entenderá el conjunto formado por los siguientes documentos :

- a) Condiciones Técnicas Generales.
- b) Condiciones Técnicas Particulares. Montajes de Caldera y Auxiliares.
- c) Planos, normas y especificaciones aplicables.
- d) Recomendaciones de la Compañía Contratista.
- e) Recomendaciones de los fabricantes de materiales de consumo o maquinaria auxiliar, previamente aprobados por la Compañía Contratista.
- f) Recomendaciones de los fabricantes o suministradores de los equipos a instalar.

g) Recomendaciones de la Ingeniería.

Estas condiciones técnicas se complementarán, en los puntos que sean aplicables, con las condiciones técnicas particulares :

- a) Montaje de turbo-alternador y equipo mecánico.
- b) Montaje de tuberías.
- c) Montajes de equipos eléctricos.
- d) Montaje de instrumentación.

Los distintos componentes de las Condiciones Técnicas, tal como han sido definidas anteriormente, tienen como función establecer requisitos que se complementen. No obstante, cuando dos o más documentos establezcan requisitos aplicables a un mismo trabajo, prevalecerá el que fije condiciones más rigurosas, en opinión de la Compañía Contratista.

Las normas y especificaciones indicadas forman parte de las Condiciones Generales, salvo indicación contraria. Será de aplicación la edición con revisiones y cambios vigentes en la fecha de realización de los trabajos.

Para efectos contractuales, la relación de los distintos componentes en lo referente a las partes a presión de caldero se referirá, como mínimo, a los siguientes apartados :

- a) Domo o Calderín.

- b) Paredes de agua (paneles).
- c) Sobrecalentadores, serpentines y colectores.
- d) Recalentador.
- e) Economizador.
- f) Tubos de bajada, de transferencia, alimentadores, etc.
- g) Válvulas de seguridad.
- h) Válvulas. (Ref. 2).

2.5. PROCESOS DE SOLDADURA.

Los procesos de soldadura utilizados en la construcción de la Central Térmica son el GTAW y el SMAW , el primero es también conocido como TIG y es un proceso que utiliza gas de protección y electrodo no consumible que generalmente es un Tungsteno; el SMAW, es el proceso conocido como soldadura eléctrica con electrodo revestido.

Además este procedimiento tiene como propósito dar a conocer los materiales base, materiales de aporte, y condiciones de tratamientos térmicos de precalentamiento y postcalentamiento más utilizados en las partes a presión de una caldera para una central térmica.

2.5.1. MATERIALES BASE ; ESPECIFICACIONES ASTM.

La Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (American Society for Testing and Materials , ASTM) es una organización técnica y científica

para el desarrollo de estándares sobre las características y desempeño de materiales, productos, sistemas ,servicios y de su difusión.

Para nuestro propósito la parte más importante será la que tenga que ver con tubos de cédula, tubos flus y partes que contengan presión.

A continuación se da una descripción de los aceros más utilizados para la construcción de calderas, y su especificación de acuerdo al ASME sección IX. *Observar la tabla I. (Ref. 4).*

A 105 .- Piezas forjadas de acero al carbono, para componentes de tubería.

Esta especificación cubre componentes de tubería de acero al carbono forjados para servicio de ambiente y de altas temperaturas en sistemas de presión. Se incluyen bridas, accesorios, válvulas y partes similares en dimensiones especificadas y en dimensiones estándares como el ANSI.

A 106 .- Tubo sin costura de acero al carbono para servicio de alta temperatura. Esta especificación cubre el tubo sin costura de acero al carbono para servicio de alta temperatura en tamaños nominales de 1/8” a 26” con espesores de pared según el ANSI B36.10 .

Se sumiistra en los grados A, B y C.

A 178 .- Esta especificación cubre tubos de acero al carbono soldados por resistencia eléctrica para usarse como tubos de caldera o de

TABLA I

VALORES DE ESFUERZOS MAXIMOS PERMISIBLES PARA MATERIALES FERROSOS. (REF. 4)

ESPECIFICACION ASME	CLASE ó GRADO	TENSION MINIMA ESPECIFICADA PSI * 1000	RESISTENCIA A LA CE- DENCIA (Sy) hasta 200°C PSI * 1000
SA - 209	T1b	53.0	28
SA - 250	T1b	53.0	28
SA - 250	T1	55.0	30
SA - 209	T1	55.0	30
SA - 250	T1a	60.0	32
SA - 209	T1a	60.0	32
SA - 204	A	65.0	37
SA - 204	B	70.0	40
SA - 182	F1	70.0	40
SA - 336	F1	70.0	40
SA - 204	C	75.0	43
SA - 302	B	80.0	50
SA - 302	C	80.0	50
SA - 302	D	80.0	50
SA - 202	A	75.0	45
SA - 202	B	85.0	45
SA - 203	A, D	65.0	37
SA - 203	B, E	70.0	40
SA - 213	T 2	50.0	30
SA - 217	WC5	70.0	40
SA - 213	T 7	60.0	30
SA - 213	T 9	60.0	30
SA - 213	T 91	85.0	60

supercalentadores. Los tamaños abarcados normalmente son de 1/2" a 5" de diámetro exterior y de 0,035" a 0,320" de espesor mínimo de pared. Se suministra en dos grados.

A 192 .- Esta especificación cubre tubos de caldera y supercalentadores sin costura de acero al carbono para servicio de alta presión.

Los tamaños abarcados por esta especificación son desde 1/2" a 7" de diámetro exterior y desde 0,085" a 1,000" de espesor de pared mínimo.

A 209 .- Tubos sin costura de acero de aleación al carbono-molibdeno para calderas y supercalentadores.

A 210 .- Tubos sin costura de acero al medio carbono para calderas y supercalentadores.

A 213 .- Tubos sin costura de acero de aleación ferríticos y austeníticos para calderas, supercalentadores y cambiadores de calor.

A 225 .- Placas de acero de aleación al manganeso-vanadio-níquel para recipientes a presión.

A 249 .- Tubos de acero austenítico soldado para calderas, supercalentadores, cambiadores de calor y condensadores.

Se podrá observar una amplia cantidad de materiales base usados para partes a presión de caldera u otros usos de alta especificación en la

Sección Uno del Código ASME para Construcción de Calderas en la parte PG para materiales.

2.5.2. ELECTRODOS PARA ACEROS AL CARBONO.

El propósito de esta sección es describir las diversas especificaciones y recomendaciones aplicables a los electrodos con revestimiento para soldadura con arco eléctrico manual de aceros al carbono. Se da información básica para la selección del metal de aporte en el diseño de procedimientos para soldar placa o tuberías de acero al carbono.

CLASIFICACION ESTÁNDAR.

Según al sistema de designación , podría haber un número indeterminado de electrodos diferentes. Hay sin embargo, una clasificación estándar según la AWS, en su especificación AWS-A5.1. Ver *tablas II y III*.

En lo referente a la composición química y rangos de corriente se da información en la *tabla IV*.

COMPARACIÓN DE ELECTRODOS.

La mayoría de las variables importantes que influyen en la selección de un electrodo para acero al carbono se reportan en la *tabla V*. A cada electrodo se le asigna un valor relativo hasta un número máximo de 10

TABLA II

DESIGNACION DE ELECTRODOS (Ref. 5)

ULTIMO DIGITO	CORRIENTE	TIPO DE ESCORIA	TIPO DE ARCO	PENETRACION	POLVO DE HIERRO EN EL REVESTIMIENTO
0	(a)	(b)	Socavante	(c)	0 - 10 %
1	AC ó DC Polaridad Invertida	Orgánica	Socavante	Profunda	Nada
2	AC ó DC	Rutilo	Medio	Media	0 - 10 %
3	AC ó DC	Rutilo	Suave	Ligera	0 - 10 %
4	AC ó DC	Rutilo	Suave	Ligera	30 - 50 %
5	DC Polaridad Invertida	Bajo Hidrógeno	Medio	Media	Suave
6	AC ó DC Polaridad Invertida	Bajo Hidrógeno	Medio	Media	Nada
7	AC ó DC	Mineral	Suave	Media	Nada
8	AC ó Dc Polaridad Invertida	Bajo Hidrógeno	Medio	Media	30 - 50 %

(a) E 6010 ES POLARIDAD INVERTIDA ; E 6020 ES AC ó DC

(b) E 6010 ES ORGANICO ; E 6020 ES MINERAL

(c) E 6010 ES PENETRACION PROFUNDA ; E 6020 ES PENETRACION MEDIA

TABLA III

CLASIFICACION DE ELECTRODOS (Ref. 5)

CLASIFICACION AWS	TIPO DE RECUBRIMIENTO	POSICIONES	TIPO DE CORIENTE
E 6010	ALTA CELULOSA SODICA	P, H, V, S.	DC. POLARIDAD INVERTIDA
E 6011	ALTA CELULOSA POTASICA	P, H, V, S.	AC 6 DC POLARIDAD INVERTIDA
E 6012	ALTO TITANATO SODICO	P, H, V, S.	AC 6 DC POLARIDAD DIRECTA
E 6013	ALTO TITANATO POTASICO	P, H, V, S.	AC 6 DC CUALQUIER POLARIDAD
E 6020	ALTO OXIDO DE HIERRO	P, H, - FILETES	AC 6 DC POLARIDAD DIRECTA
E 6027	ALTO OXIDO DE HIERRO	P, H, - FILETES	AC 6 DC POLARIDAD DIRECTA
E 7014	POLVOS DE HIERRO, TITANATO	P, H, V, S.	AC 6 DC CUAQUIER POLARIDAD
E 7015	BAJO HIDROGENO , SODIO	P, H, V, S.	DC , POLARIDAD INVERTIDA
E 7016	BAJO HIDROGENO , POTASICO	P, H, V, S.	AC 6 DC POLARIDAD INVERTIDA
E 7018	BAJO HIDROGENO POTASICO CON POLVO DE HIERRO	P, H, V, S	AC 6 DC POLARIDAD INVERTIDA
E 7024	TITANATO, POLVO DE HIERRO	P, H, - FILETES	AC 6 DC CUALQUIER POLARIDAD
E 7027	ALTO OXIDO DE HIERRO POLVO DE HIERRO	P, H, - FILETES	AC 6 DC POLARIDAD DIRECTA
E 7028	BAJO HIDROGENO POTASIO POLVO DE HIERRO	P, H, - FILETES	AC 6 DC POLARIDAD INVERTIDA

CLAVE DE POSICIONES :

P - PLANA

H - HORIZONTAL

V - VERTICAL

S - SOBRECABEZA

H - FILETES

FILETE HORIZONTAL

TABLA IV

COMPOSICION QUIMICA DE ELECTRODOS DE ACERO AL CARBONO

(REF.5)

CLASIFICACION AWS	MANGANESO	SILICIO	NIQUEL	CROMO	MOLIBDENO	VANADIO
E 6010 , E 6011 E 6012 , E 6013 E 6020 , E 6027	<u>NO SE ACEPTAN LIMITES</u>					
E 7018 , E 7027	1.60*	0.75	0.30*	0.20*	0.30*	0.08*
E 7014 , E 7015 E 7016 , E 7024 E 7028 , E 7048	1.25**	0.90	0.30**	0.20**	0.30**	0.08**

NOTAS :

El total de elementos marcados con asterisco sencillo no debe exceder de 1.75%

El total de elementos marcados con asterisco doble no debe exceder de 1.50%

TABLA V (REF. 5)

COMPARACION RELATIVA DE ELECTRODOS PARA ACEROS AL CARBONO									
VARIABLES	E 6010	E 6011	E 6012	E 6013	E 7016	E 7018	E 6020	E 7024	E 6027
1.- Soldaduras a tope de ranura, plana (>1/4").	4	5	3	8	7	9	10	9	10
2.- Soldaduras a tope de ranura, toda posición (>1/4").	10	9	5	8	7	6	NR	NR	NR
3.- Soldaduras de filete, plana u horizontal.	2	3	8	7	5	7	10	10	7
4.- Soldaduras de filete Toda posición.	10	9	6	7	8	6	NR	NR	NR
5.- CORRIENTE	CD-PI	CA, CD-PI	CA-CD PD	CA-CD	CA-CD PI	CA-CD	CA-CD	CA-CD	CA-CD
6.- Espesores delgados (T<1/4").	5	7	8	9	2	2	NR	7	NR
7.- Espesores gruesos, o juntas muy restringidas.	8	8	6	8	10	9	8	7	8
8.- Alto contenido de azufre o acero fuera de análisis.	NR	NR	5	3	10	9	NR	5	NR
9.- Velocidad de depósito.	5	5	7	7	5	8	9	10	10
10.- Profundidad de penetración.	10	9	6	5	7	7	8	4	8
11.- Apanencia, Socavado	6	6	8	9	7	10	9	10	10
12.- Sanidad.	6	6	3	5	10	8	9	8	9
13.- Ductilidad.	6	7	4	5	10	10	10	5	10
14.- Resistencia de impacto a baja temperatura.	8	8	4	5	10	10	8	9	9
15.- Pérdidas por chisporroteo.	1	2	6	7	6	8	9	10	10
16.- Armado deficiente de la junta.	6	7	10	8	4	4	NR	8	NR
17.- Requerimiento de mano de obra.	7	6	8	9	6	8	9	10	10
18.- Remoción de escoria.	10	8	6	8	4	7	8	8	8
CD.- Corriente directa	CA.- Corriente alterna			PD.- Polaridad directa			PI.- Polaridad inversa		

La comparación anterior es en base a igual diámetro de electrodos.

según su comportamiento para cada variable. Entre mayor es el valor, mejores resultados da el electrodo ante la variable correspondiente.

Frecuentemente el problema es seleccionar entre varios electrodos que parecen satisfactorios. Este problema se minimiza determinando cual variable es la más determinante, algunas veces se puede seleccionar más de un electrodo para una sola junta.

La tabla está elaborada en base al comportamiento práctico de electrodos que efectivamente cumplen con sus especificaciones. Se debe tener mucho cuidado en aceptar electrodos de cualquier proveedor, pues, la simple etiqueta no garantiza el cumplimiento de las especificaciones.

2.5.3. ELECTRODOS PARA ACEROS DE BAJA ALEACIÓN.

En esta sección se describen los diversos electrodos revestidos que podrían ser utilizados para soldar a los ceros de baja aleación . Esta información nos ayudará a una correcta elección del electrodo al momento de elaborar los procedimientos de soldadura.

Los electrodos para aceros de baja aleación se acojen al mismo sistema de designación que se utiliza para clasificar a los electrodos para aceros al carbono.

A continuación se presentan las *tablas VI, VII y VIII* en las cuales se muestra la clasificación, composición química, posiciones, corriente, etc, para los electrodos para aceros de baja aleación.

2.5.4. ELECTRODOS PARA ACEROS DE ALTA ALEACIÓN.

En esta parte se describirán los diversos electrodos revestidos para soldar con arco eléctrico los aceros aleados al cromo-niquel resistentes a la corrosión. Se pretende que esta información básica sirva de mucha utilidad para el DCCS en la elaboración de procedimientos para seleccionar el metal de aporte adecuado para soldar aceros de alta aleación y aceros inoxidable.

MÉTODO DE CLASIFICACIÓN.

El método para clasificar estos electrodos difiere del empleado para los electrodos revestidos de aceros al carbono y de aceros de baja aleación.

Todos los electrodos utilizan una designación que empieza con la letra "E", la cual indica que es un electrodo consumible para arco eléctrico.

Los tres primeros dígitos de la clasificación se refieren al comportamiento del arco, en cuanto al tipo de corriente, posición, etc.

Ejemplo : E 308 - 16

TABLA VI

ELECTRODOS REVESTIDOS DE BAJA ALEACION (REF. 6)

CLASIFICACION AWS	TIPO DE REVESTIMIENTO	POSICIONES PARA SOLDAR	TIPO DE CORRIENTE
E7010	Alta Celulosa Sódica	1G,2G,3G,4G	DC +
E7015	Bajo Hidrógeno Sódico	1G,2G,3G,4G	DC +
E7018	Bajo Hidrógeno con Polvo de Hierro	1G,2G,3G,4G	AC, DC+
E7020	Alto contenido de Oxido de Hierro	2G , Filete.	AC, DC-
E8010	Alta Celulosa Sódica	1G,2G,3G,4G	DC+
E8015	Bajo Hidrógeno Sódico	1G,2G,3G,4G	DC+
E8018	Bajo Hidrógeno, Polvo de Hierro	1G,2G,3G,4G	AC, DC+
E9010	Alta Celulosa Sódica	1G,2G,3G,4G	DC+
E9015	Bajo Hidrógeno Sódico	1G,2G,3G,4G	DC+
E9018	Bajo Hidrógeno, Polvo de hierro	1G,2G,3G,4G	AC, DC+
E10010	Alta Celulosa Potásica	1G,2G,3G,4G	DC+
E10015	Bajo Hidrógeno Sódico	1G,2G,3G,4G	DC+
E10018	Bajo Hidrógeno, Polvo de Hierro	1G,2G,3G,4G	AC, DC+

1G : Posición plana ; 2G : Horizontal
 3G : Vertical ; 4G : Sobre cabeza
 DC+ : Corriente Directa electro positiva
 AC : Corriente Alterna

TABLA VII

ELECTRODOS REVESTIDOS DE ACERO DE BAJA ALEACION REQUERIMIENTOS QUIMICOS (REF. 6)

CLASIFICACION AWS	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo
E7010 A1	0.12	0.60	0.03	0.04	0.4			0.4 - 0.65
E7015 A1	0.12	0.90	0.03	0.04	0.6			0.4 - 0.65
E7018 A1	0.12	0.90	0.03	0.04	0.8			0.4 - 0.65
E7020 A1	0.12	0.60	0.03	0.04	0.4			0.4 - 0.65
E8018 B1	0.05 - 0.12	0.9	0.03	0.04	0.6 - 0.8		0.4 - 0.65	0.4 - 0.65
E8015 B2L	0.05	0.90	0.03	0.04	1.0		1.0 - 1.5	0.4 - 0.65
E8018 B2	0.05 - 0.12	0.90	0.03	0.04	0.6 - 0.8		1.0 - 1.5	0.4 - 0.65
E8018 B2L	0.05	0.90	0.04	0.04	0.8		1.0 - 1.5	0.4 - 0.65
E9015 B3L	0.05	0.90	0.03	0.04	1.0		2.0 - 2.5	0.9 - 1.2
E9018 B3L	0.05	0.90	0.03	0.04	0.8		2.0 - 2.5	0.9 - 1.2
E9015 B4L	0.05	0.90	0.03	0.04	1.0		1.75 - 2.25	0.4 - 0.65
E8018 CL	0.12	1.25	0.03	0.04	0.6 - 0.8	2.0 - 2.75		
E7018 C1L	0.05	1.25	0.03	0.04	0.5	2.0 - 2.75		
E8018 C2	0.12	2.25	0.03	0.04	0.6 - 0.8	3.0 - 3.75		
E7018 C2L	0.05	1.25	0.03	0.04	0.5	3.0 - 3.75		

TABLA VIII

ELECTRODOS PARA LOS DEMAS ACEROS DE BAJA ALEACION REQUERIMIENTOS QUIMICOS (REF. 6)

CLASIFICACION AWS	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V
EXX10 - G		1.0 Mín.			0.8 Mín	0.5 Mín	0.3 Mín	0.2 Mín	0.1 Mín
EXX11 - G									
EXX13 - G									
EXX15 - G									
EXX16 - G									
EXX18 - G									
E7020 - G									
E9018 - M	0.10	0.6 - 1.25	0.03	0.03	0.8	1.4 - 1.8	0.15	0.35	0.05
E10018 - M	0.10	0.75 - 1.7	0.03	0.03	0.6	1.4 - 2.1	0.35	0.25 - 0.5	0.05
E11018 - M	0.10	1.3 - 1.8	0.03	0.03	0.5	1.25 - 2.5	0.40	0.25 - 0.5	0.05
E12018 - M	0.10	1.3 - 1.25	0.03	0.03	0.6	1.75 - 2.5	0.3 - 1.5	0.3 - 0.55	0.05
E12018 - M1	0.10	0.8 - 1.6	0.015	0.012	0.65	3.0 - 3.8	0.65	0.2 - 0.3	0.05
E7018 - W	0.12	0.4 - 0.7	0.025	0.025	0.4 - 0.7	0.2 - 0.4	0.15 - 0.3		0.08
E8018 - W	0.12	0.5 - 1.3	0.03	0.04	0.35 - 0.8	0.4 - 0.8	0.45 - 0.7		

E : significa electrodo consumible para arco eléctrico.

308 : significa que el núcleo del electrodo es acero de tipo AISI 308.

En cuanto a las características del arco solo se usan dos designaciones:

15 : El revestimiento de estos electrodos es de tipo cálcico, que significa que es rico en calcio y otros minerales alcalinos. Estos electrodos solo se usan con corriente directa polaridad invertida.

16.- El revestimiento de estos electrodos puede ser de tipo cálcico o de tipo de titanio, lo cual indica que tiene una gran proporción de minerales de titanio. Se usan tanto con corriente directa como con alterna. El revestimiento también contiene generalmente elementos fácilmente ionizables, tal como el potasio para estabilizar el arco cuando se usa corriente alterna.

Las varillas desnudas se designan con las letras ER seguidas de la composición química de dicha varilla.

Ejemplo: ER 308 , varilla desnuda para soldadura con arco eléctrico que deposita un metal de soldadura tipo 308. *Observar las tablas IX y X.*

2.5.5. PRECALENTAMIENTO Y POSTCALENTAMIENTO.

TABLA IX

ELECTRODOS PARA ACEROS INOXIDABLES REQUERIMIENTOS QUIMICOS (REF. 5)

CLASIFICACION AWS	C %	Cr %	Ni %	Mo %	Min %	Si %
E 307	0.13	18.0 - 20.5	9.0 - 10.5	0.5 - 1.5	3.3 - 4.75	0.90
E 308	0.08	18.0 - 21.0	9.0 - 11.0	0.5	0.5 - 2.5	0.90
E 308L	0.04	18.0 - 21.0	9.0 - 11.0	0.5	0.5 - 2.5	0.90
E 308Mo	0.08	18.0 - 21.0	9.0 - 12.0	2.0 - 3.0	0.5 - 2.5	0.90
E 308MoL	0.05	18.0 - 21.0	9.0 - 12.0	2.0 - 3.0	0.5 - 2.5	0.90
E 309	0.15	22.0 - 25.0	12.0 - 14.0	0.5	0.5 - 2.5	0.90
E 309L	0.04	22.0 - 25.0	12.0 - 14.0	0.5	0.5 - 2.5	0.90
E 309Cb	0.12	22.0 - 25.0	12.0 - 14.0	0.5	0.5 - 2.5	0.90
E 309Mo	0.12	22.0 - 25.0	12.0 - 14.0	2.0 - 3.0	0.5 - 2.5	0.90
E 310	0.20	25.0 - 28.0	20.0 - 22.5	0.5	1.0 - 2.5	0.75
E 310H	0.25 - 0.45	25.0 - 28.0	20.0 - 22.0	0.5	1.0 - 2.5	0.75
E 310Cb	0.12	25.0 - 28.0	20.0 - 22.0	0.5	1.0 - 2.5	0.75
E 310Mo	0.12	25.0 - 28.0	20.0 - 22.0	2.0 - 3.0	1.0 - 2.5	0.75
E 312	0.15	28.0 - 32.0	8.0 - 10.5	0.5	0.5 - 2.5	0.90
E 316	0.08	17.0 - 20.0	11.0 - 14.0	2.0 - 2.5	0.5 - 2.5	0.90
E 316L	0.04	18.0 - 20.0	11.0 - 14.0	2.0 - 2.5	0.5 - 2.5	0.90
E 317	0.08	18.0 - 21.0	12.0 - 14.0	3.0 - 4.0	0.5 - 2.5	0.90
E 317L	0.04	18.0 21.0	12.0 - 14.0	3.0 - 4.0	0.5 - 2.5	0.90
E 318	0.08	17.0 20.0	11.0 - 14.0	2.0 - 2.5	0.5 - 2.5	0.90
E 320	0.07	19.0 - 20.0	32.0 - 36.0	2.0 - 3.0	0.5 - 2.5	0.60

TABLA X

VARILLAS DESNUDAS O ALAMBRE PARA ACERO INOXIDABLE REQUERIMIENTOS QUIMICOS (REF. 5)

CLASIFICACION AWS	C	Cr	Ni	Mo	Mn	Si
ER 308	0.08	19.5 - 22.0	9.0 - 11.0	0.5	1.0 - 2.5	0.3 - 0.65
ER 308L	0.03	19.5 - 22.0	9.0 - 11.0	0.5	1.0 - 2.5	0.3 - 0.65
ER 308Mo	0.08	18.0 - 21.0	9.0 - 12.0	2.0 - 3.0	1.0 - 2.5	0.3 - 0.65
ER 308MoL	0.04	18.0 - 21.0	9.0 - 12.0	2.0 - 3.0	1.0 - 2.5	0.3 - 0.65
ER 309	0.12	23.0 - 25.0	12.0 - 14.0	0.5	1.0 - 2.5	0.3 - 0.65
ER 309L	0.03	23.0 - 25.0	12.0 - 14.0	0.5	1.0 - 2.5	0.3 - 0.65
ER 310	0.08 - 0.15	25.0 - 28.0	20.0 - 22.5	0.5	1.0 - 2.5	0.3 - 0.65
ER 312	0.15	28.0 - 32.0	8.0 - 10.5	0.5	1.0 - 2.5	0.3 - 0.65
ER 316	0.10	18.0 - 20.0	2.0 - 3.0	2.0 - 3.0	1.0 - 2.5	0.3 - 0.65
ER 316L	0.08	18.0 - 20.0	2.0 - 3.0	2.0 - 3.0	1.0 - 2.5	0.3 - 0.65
ER 317	0.03	18.5 - 20.5	3.0 - 4.0	3.0 - 4.0	1.0 - 2.5	0.3 - 0.65
ER 317L	0.08	18.5 - 20.5	3.0 - 4.0	3.0 - 4.0	1.0 - 2.5	0.3 - 0.65
ER 318	0.03	18.0 - 20.0	2.0 - 3.0	2.0 - 3.0	1.0 - 2.5	0.3 - 0.65
ER 320	0.07	19.0 - 21.0	2.0 - 3.0	2.0 - 3.0	1.0 - 2.5	0.3 - 0.65

Este procedimiento tiene la finalidad señalar las bases y fundamentos específicos de los códigos más usuales acerca de los tratamientos térmicos que se deben aplicar a las soldaduras.

Con esta información se pretende que en el momento de especificar el procedimiento de soldadura, se decida de una forma correcta acerca de cuando y que tipo de tratamiento térmico se a de utilizar, considerando las particularidades de cada caso.

TRATAMIENTO TÉRMICO.- Es el calentamiento y posterior enfriamiento de un metal bajo condiciones controladas, para lograr algunas propiedades mecánicas o metalúrgicas deseables.

PRECALENTAMIENTO.- Consiste en la aplicación gradual de calor a los metales base antes de soldar con el propósito de evitar los problemas que ocasiona la aplicación súbita del calor de soldadura. Además se evita el enfriamiento rápido, pues al estar el metal base caliente, el calor se disipa más lentamente.

RELEVADO DE ESFUERZOS.- Consiste en la aplicación gradual de calor para elevar la temperatura hasta un valor inferior al rango crítico y permanece así durante un cierto tiempo para luego enfriarse controladamente. Con este proceso se pretende eliminar los

esfuerzos residuales internos producidos por la contracción restringida del metal de soldadura. Comúnmente se le llama postcalentamiento.

FUENTES DE CALOR.

El calor requerido para realizar los relevados de esfuerzos se lo puede obtener de diferentes maneras :

- Mediante la disipación por resistencia eléctrica.
- Mediante calor producido por la combustión de un gas (gas natural- aire, propano-aire , etc.).
- Reacción Química Exotérmica.

VARIABLES.

Existen diversos factores interrelacionados que pueden dar lugar a la formación de esfuerzos residuales. No se puede decir con precisión cuando se debe realizar el precalentamiento o el relevado de esfuerzos, pero en todo caso, se debe considerar que el tratamiento térmico de la junta soldada bajo ciertas condiciones resulta necesario.

Se dá a continuación algunas de las variables más importantes que influyen en la necesidad de realizar un tratamiento térmico a la junta soldada:

- 1.- Es mayor el espesor y por consiguiente la masa de soldadura que se deposita.
- 2.- Es menor la temperatura ambiente.
- 3.- Es menor la temperatura de los metales, si no están a la temperatura ambiente.
- 4.- Es mayor el contenido de carbono o el contenido equivalente.
- 5.- Es mayor el contenido de manganeso.
- 6.- Entre mayor sea la capacidad de endurecimiento al aire del acero.
- 7.- Entre más complicada sea la forma de la pieza.
- 8.- Entre mayor grado de restricción haya en la junta.

Será indispensable el tratamiento térmico cuando el efecto combinado de los factores nombrados produzca un deterioro de las propiedades de la soldadura. De todas formas el uso de las normas de construcción nos dará la respuesta del procedimiento más óptimo a seguir.

En lo referente al precalentamiento, la necesidad del mismo depende de diversos factores tales como el análisis químico, grado de fijación de las partes que se unen, propiedades mecánicas a temperaturas elevadas y espesores del material.

El calor de la soldadura puede ayudar a mantener la temperatura del precalentamiento luego de la iniciación del proceso, y para propósitos de inspección, se pueden hacer mediciones de temperatura cerca de la región que se suelda.

Normalmente cuando se unen por soldadura materiales de dos grupos de diferente Número P, la temperatura de precalentamiento usada será la correspondiente al material que tenga la temperatura de precalentamiento más elevada en la especificación del procedimiento a soldar.

TEMPERATURAS MÍNIMAS PARA PRECALENTAMIENTO.

Nº. P1 , Grupo Nº 1, 2, 3. 175°F para el material que tiene tanto un contenido de carbono máximo especificado en exceso de 0,30% como un espesor en la unión en exceso de 1 pulg. ; 50°F para todos los otros materiales de estos grupos.

Nº P3, Grupo Nº 1, 2, 3. 175°F para el material que tiene ya sea una resistencia a la tensión mínima especificada en exceso de 75000 psi o un espesor en la unión en exceso de 5/8 pulg. , 50°F para todos los otros materiales de este grupo.

Nº P4, Grupo Nº 1, 2. 250°F para el material que tiene ya sea una resistencia a la tensión mínima especificada de 60000 psi, o un espesor en

la unión en exceso de $\frac{1}{2}$ pulg. ; 50°F para todos los otros materiales de este grupo.

N° P5, Grupo N° 1, 2. 400°F para el material que tiene ya sea una resistencia a la tensión mínima especificada en exceso de 60000 psi, o que tiene tanto un contenido de cromo mínimo especificado de más de 6% como un espesor en la unión en exceso de $\frac{1}{2}$ pulg. ; 300°F para todos los otros materiales de estos grupos.

N° P6, Grupo N° 1, 2, 3. 400°F.

N° P7, Grupo N° 1, 2. Ninguna.

N° P8, Grupo N° 1, 2. Ninguna.

N° P9A, Grupo N° 1. 250 °F.

N° P9B, Grupo N° 1. 300 °F.

N° P10A, Grupo N° 1. 175 °F.

N° P10E, Grupo N° 5. 300 °F con interpaso mantenido entre 350 °F y 450°F.

Es importante mencionar que toda esta información es obtenida del Código ASME Sección 1 para Construcción de Calderas de Potencia en el Apéndice A-100.

REQUISITOS PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS POSTERIOR A LA SOLDADURA.

En la *tabla XI* que se muestra a continuación se dan los requisitos para relevado de esfuerzos en las juntas de las partes a presión de una caldera. (páginas de 95 a 102) del Código ASME 1. (Ref. 7).

TABLA XI

TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA ACEROS del P N° 1 al P N° 5 (REF. 4)

MATERIAL	TEMPERATURA MINIMA DE MANTENCION °C	TIEMPO MINIMO QUE DEBE MANTENERSE A LA TEMPERATURA NORMAL PARA ESPESOR DE SOLDADURA (NORMAL)		
		HASTA 2 Pulg	Más de 2 Pulg hasta 5 Pulg	Más de 5 Pulg.
P N° 1 Grupo: 1,2,3	590	1 h / Pulg. 15 min. Mínimo	2 h más 15 min. por cada pulg. adicional arriba de 2 pulg.	2 h más 15 min. por cada pulg. adicional arriba de 2 pulg.
P N° 3 Grupo: 1,2,3	590	1 h / Pulg. 15 min. Mínimo	2 h más 15 min. por cada pulg. adicional arriba de 2 pulg.	2 h más 15 min. por cada pulg. adicional arriba de 2 pulg.
P N° 4 Grupo: 1 y 2	590	1 h / Pulg. 15 min. Mínimo	1 h / Pulg.	5 h más 15 min. por cada pulgada adicional arriba de 5 pulg.
P N° 5 Grupo: 1 y 2	676	1 h / Pulg. 15 min. Mínimo	1 h / Pulg.	5 h más 15 min. por cada pulgada adicional arriba de 5 pulg.
P N° 5 Grupo: 4	704	1 h / Pulg. 15 min. Mínimo	1 h / Pulg.	5 h más 15 min. por cada pulgada adicional arriba de 5 pulg.

CAPITULO III

PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE SOLDADURAS

3.1. ORGANIZACIÓN.

Cuando se quiere formar un departamento o grupo de control de calidad, lo primero que se debe hacer es definir bien las funciones de cada una de las personas que van a integrar el mismo.

Por esta razón, la elaboración de un organigrama de funciones es de vital importancia para el normal desarrollo del departamento así como para que cada miembro del mismo esté bien informado del alcance de sus funciones.

3.1.1. ELABORACIÓN DE UN ORGANIGRAMA.

La elaboración de un organigrama es el primer paso a seguir en la conformación de un grupo de control de calidad y de esta tarea es responsable el jefe de control de calidad de soldadura, que es la máxima autoridad del departamento.

El número de personas que van a integrar el grupo, depende del tamaño de la obra, pero las primeras que deben ser designadas son un jefe para procesos de soldadura y un jefe para pruebas no destructivas, luego a medida que el volumen de trabajo aumenta se irá integrando mas personal.

En algunos casos, por el volumen de trabajo, será necesario disponer de más de una plaza para los puestos técnicos y auxiliares, incluso podrán ser necesarios otros puestos.

A continuación se presenta el modelo de un organigrama típico para un departamento de control de calidad, el cual se puede variar de acuerdo a las necesidades de la obra. *Ver figura 3.1.1.*

3.1.2. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES.

El propósito de este procedimiento es orientar al grupo de control de calidad, señalando las funciones y actividades más importantes que deben desempeñar, para el logro eficiente de los objetivos.

Cabe destacar que este procedimiento se debe aplicar en todos los frentes de trabajo en donde existan soldaduras, aunque en algunos casos el volumen de trabajo para cada función sea pequeño.

A continuación se detallan algunas de las funciones más importantes que deben desempeñar los principales del departamento de control de soldadura.

FUNCIONES DEL JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE SOLDADURA.

- 1.- Dirigir y coordinar el desempeño de todo el personal del Departamento.

ORGANIGRAMA

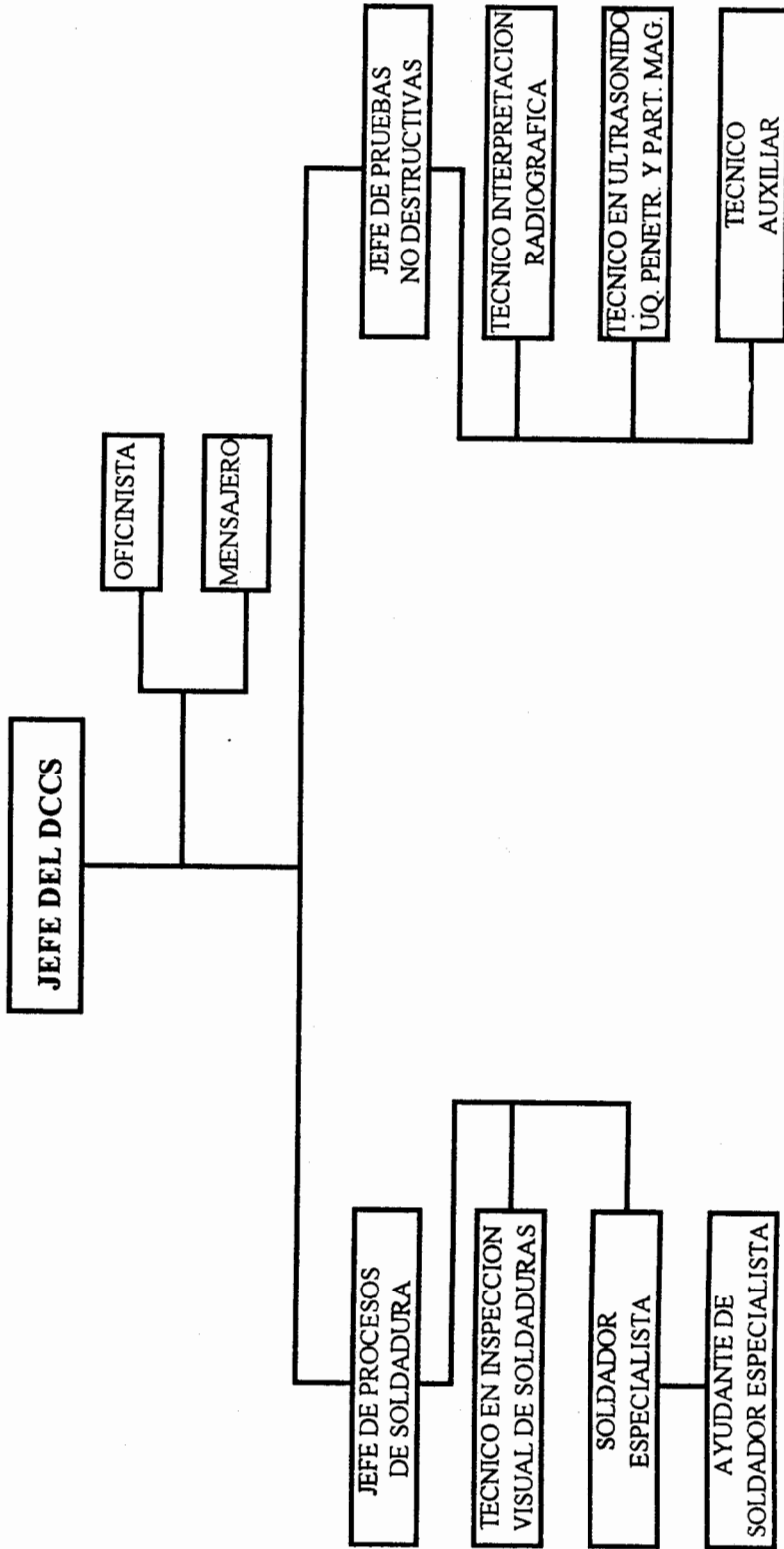


FIG. 3.1.1.

- 2.-Representar al Departamento ante la Superintendencia de Construcción.
- 3.-Gestionar ante la Superintendencia el suministro de equipo, herramientas y material necesario para el funcionamiento del Departamento.
- 4.-Realizar reuniones con los supervisores de campo, con el propósito de instruirlos acerca de las funciones a desempeñar.
- 5.-Recopilar toda la información técnica sobre el proyecto, procesos de soldadura, inspecciones no destructivas, Códigos, Normas, Especificaciones, etc.
- 6.-Gestionar ante la Superintendencia el personal que sea necesario según el volumen de trabajo.
- 7.-Emitir y recibir toda la correspondencia oficial que sea necesaria para el normal desempeño del Departamento.
- 8.-Informar periódicamente sobre el avance y la situación que guardan los trabajos de soldadura.

FUNCIONES DEL JEFE DE PROCESOS DE SOLDADURA.

El jefe de Procesos de Soldadura, debe ser dirigido y coordinado por el jefe del Departamento de C.C. de Soldadura, de quien recibe instrucciones

y a quien debe presentar los reportes verbales o escritos que se le encomienden.

Las principales actividades que debe realizar son:

1. Conocer todas las especificaciones, planos e isométricos relacionados con las obras de soldadura.
2. Diseñar con la asesoría del Jefe del D.C.C.S. , los procedimientos específicos para soldar cada uno de los materiales.
3. Realizar las pruebas de calificación para los electrodos o materiales de aporte, con el propósito de seleccionar aquellos que satisfagan en mayor grado las respectivas especificaciones.
4. Aplicar prueba de calificación a Soldadores conforme el Código *ASME IX*.
5. Inspeccionar visualmente las soldaduras en campo, en todas sus fases.
6. Verificar que las soldaduras encontradas defectuosas por inspección visual o por inspección no destructiva sean reparadas correctas y oportunamente.
7. Solicitar el equipo, herramientas y materiales necesarios para la marcha del taller de soldadura, para la calificación de soldadores.

8. Formular reportes de avance y condiciones en que se ejecuten las soldaduras, reportes que el Jefe del D.C.C.S. a de presentar a la Superintendencia de la Obra.

FUNCIONES DEL JEFE DE INSPECCION NO DESTRUCTIVA.

Al igual que el Jefe de Procesos de Soldadura, el Jefe de Inspecciones no Destructivas debe recibir instrucciones del Jefe del D.C.C.S. , a quien debe presentar reportes verbales o escritos que se le indiquen.

A continuación se menciona algunas de las funciones mas importantes que debe de cumplir.

- 1.- Aplicar pruebas de calificación a los Técnicos en Pruebas no destructivas que han de inspeccionar las diversas soldaduras.
- 2.- Revisar que las unidades de inspección radiográfica cuenten con todo el equipo y material necesarios para llevar a cabo un trabajo de alta calidad y eficiencia.
- 3.- Verificar que las soldaduras inspeccionadas, estén consideradas dentro de los requerimientos del Código.
- 4.- Determinar en cada caso los porcentajes en que se ha de aplicar la inspección radiográfica en la soldadura.

- 5.- Recibir solicitudes de inspección por parte de supervisores y programar el trabajo de cada unidad radiográfica (en caso de que exista mas de una) mediante órdenes de trabajo.
- 6.- Revisar la calidad de las radiografías, la formulación del reporte y la correcta interpretación conforme al Código aplicable.
- 7.- Llevar expedientes completos sobre la inspección de soldadura para cada obra en particular.
- 8.- Formular reportes sobre el avance y resultados de la inspección de soldadura, reportes que el Jefe del D.C.C.S. ha de presentar a la Superintendencia de la Obra.

3.1.3. ELABORACIÓN DE INFORMES.

El propósito de este procedimiento es el de establecer una comunicación rápida y veraz, que facilite la transmisión y recepción de órdenes, instrucciones, asesoría y consulta entre el D.C.C.S. y la superintendencia así como también con los diferentes departamentos.

En los informes elaborados por el D.C.C.S. se deberá reportar sobre los siguientes tópicos por lo menos:

Asistencia de Personal.

Debe informarse acerca de las ausencias de personal durante el lapso de tiempo que se está reportando, señalando el día, nombre de la persona ausente y motivo de la ausencia. Ver el formato 1.

Avance del Proyecto.

Se debe informar sobre el avance de cada uno de los frentes de trabajo de la obra, especificando en un formato elaborado por el DCCS el número de junta, las dimensiones, el material base el número de plano, que procedimiento de soldadura se está aplicando, que soldador realizó la junta, etc. Ver el formato 2.

Soldadores Calificados.

Se debe informar sobre aquellos soldadores a quienes se les ha aplicado pruebas de calificación, el frente de trabajo en el que va a trabajar y la clave que se le ha sido asignada. Ver el formato 3.

Materiales a Soldar.

De acuerdo con las Normas de construcción aplicados en la obra. se debe saber cuales son los materiales que se van de utilizar, para que el D.C.C.S. verifique que los procedimientos de soldadura que se van a aplicar esten correctos. Hay que indicar la especificación ASTM, el espesor si son placas y el diámetro y cédula si son tubos.

FORMATO 2

REPORTE DE AVANCE DE SOLDADURA E INSPECCION VISUAL		AREA :							
REPORTE N°		FECHA :							
		HOJA ----- DE-----							
N° de plano	Dimensiones	Material	N° de junta	Tipo de Junta	WPS	Clave del Soldador	Acoplamiento	Precalentamiento	Resultado
TIPOS DE JUNTA:				A : ACEPTADO		INSPECTOR			
BW : BUTT WELD		WL : WELDOLET		R : RECHAZADO		----- NOMBRE Y FIRMA			
BC : BRANCH CONECTIOI		FW : FILLET WEL							
SW : SOCKET WELD									

Inspección Radiográfica.

Se debe informar los resultados de la inspección radiográfica, en cuanto a la calidad de las radiografías e interpretación de las mismas.

Ver el formato 4.

~~3.2. ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA.~~

La elaboración del procedimiento de soldadura, es decir, la especificación del mismo, ~~es el primer paso que debe darse en la construcción o montaje de equipos antes de iniciar la ejecución del trabajo.~~ Este paso es indispensable y forma parte del proceso de planeación técnica. Este procedimiento debe aplicarse en todos los casos y para cualquier material o trabajo de soldadura que la obra requiera.

~~El personal del D.N.C.S.~~ es el responsable de la elaboración y vigilancia de que se cumpla con este requerimiento de la sección IX el código ASME.

Para el diseño del procedimiento de soldadura en algunos casos bastará con seleccionar los materiales, equipos y parámetros en base a la experiencia, manuales de diseño de soldadura, catálogos de fabricantes o requerimientos de código.

En otros casos será necesario llevar a cabo cierto grado de investigación complementando con pruebas y ensayos.

Una vez conseguida toda la información, ésta se debe vaciar en un formato también diseñado por el D.C.C.S. en el cual de una manera muy fácil se podrá acceder a todos los datos, parámetros y variables involucrados en el trabajo de soldadura a realizarse.

A continuación se muestra como ejemplo el modelo de un formato de un procedimiento de soldadura, el cual ha sido tomado de la sección IX del código ASME. Observar el formato 5.

NÚMEROS P.

El sistema de clasificación de metales base en grupos de números P tiene como propósito reducir el número de calificaciones de procedimientos. El agrupamiento se basa esencialmente en las características comparables del metal base como la composición, soldabilidad y propiedades metálicas.

Este agrupamiento no implica que los metales base de un grupo puedan substituir indiscriminadamente al metal base usado en las pruebas de calificación sin consideración de compatibilidad desde el punto de vista de propiedades químicas, metalúrgicas, mecánicas y condiciones de servicio. Cabe destacar que la especificación de metal base aquí nombrada, corresponde a la especificación ASTM. Por ejemplo : SA - 335 de ASME equivale a A 335 de ASTM.

FORMATO 5

Especificación del procedimiento de soldadura

B.W.B.		ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA		WPS-0526 REV.02	
				HOJA 1 DE 2 Sheet of	
SABADO EN PDR N. 0526		REV. N. 0	FECHA 16/07/80	POR B.W.	By
Supporting PDR No.			Date		
PROCESOS DE SOLDADURA GTAW+SWAW			TIPOS MANUAL		
Welding Processes)			Types		
PREPARACION DE JUNTAS TIPO DE JUNTA VER CROQUIS Joints Design					
RESPALDO SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Backing Yes No					
MATERIAL RESPALDO(TIPO) TIG PARA SWAW Backing material (type)					
METALICO <input checked="" type="checkbox"/> METALICO NO FUNDENTE <input type="checkbox"/> Metal Refusing metal					
NO METALICO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/> Nonmetallic Other					
METAL BASE P N . 4 CR. N . 1 A P N . 6 CR. N . 1 ESPECIFICACION, TIPO, GRADO SA335P11/SA335P11 Specification, type & grade					
RANGO DE ESPESORES		METAL BASE :	JUNTA 4.70 - 200.00	ANGULO	TODOS
Thickness range		Base metal	Groove	Fillet	
		RANGO DIAM. TUBOS :	JUNTA TODOS	ANGULO	TODOS
		Tub. Diam. Range	Groove	Fillet	
OTROS Other					
MATERIAL DE APORTACION ESPECIFICACION SPA N . 5.5 Specification SPA No. 5.28			ANE N . ER0182L ANE No. ER0182L		
P N . 644 A N . 3 OTROS/Other					
DIMENSION MATERIAL APORTACION 3,2 (T) 2.5-3.25-4-5mm (M) Filler Metal(s) Size					
MATERIAL DEPOSITADO 6mm (T) ; RESTONER (M) ; Deposited Weld Metal					
RANGO DE ESPESORES		JUNTA 4,7-200	ANGULO	TODOS	
Thickness range		Groove	Fillet		
ELECTRODO-FLUX (CLASIFIC.) NO Electrode-flux (classific.)					
RESPALDOS CONSUMIBLES Consumibles insert					
MARCAS COMERCIALES		LINDE 515	OK 7618		
Trade Names					
POSICION POSICION DE LA JUNTA IG Groove position					
DIRECCION DE LA SOLDADURA Welding Progression					
ASCENDENTE <input type="checkbox"/>		DESCENDENTE <input type="checkbox"/>			
Up		Down			
POSICION EN ANGULO TODAS Filler position					
OTROS Other					
REVISION Revision					
FECHA		PARAFO(S)		PREPARADO POR	
Date		Paragraph(s)		Prepared by	
16/07/80		1 EDICION			
21/10/80		QW-404-410			
20/10/92		CAMB. FORMATO			
				REVISADO POR Revised by	
				APROBADO POR Approved by	

BABCOCK & WILCOX ESPAÑA, S. A.
 NO TOLDO SOLDADURA GARANTIA CALIDAD
 HALF QUALITY ASSURANCE

FORMATO 5 (CONTINUACION)

B. W. E.		ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA				MPS-0526 REV.02	
				HOJA 2 DE 2	Sheet of		
PRECALENTAMIENTO TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO 100 (T) ; 150 (M) Preheat temperature TEMPERATURA ENTRE PASADAS 400 C MAXIMO Interpass temperature TEMPERATURA MANTENIMIENTO NO Maintenance temperature OTROS Other			TRATAMIENTO TERMICO TEMPERATURA 720 C Temperature TIEMPO DE PERMANENCIA 1HORA/FOLGADA Hold time OTROS Other				
GAS GAS PROTECTOR ARGON Shielding gas COMPOSICION (%) 99,95 CALDAL 5-10L/MIN Composition (%) Flow rate PROTECCION DE LA RAIZ NO Gas backing COMPOSICION (%) CALDAL Composition (%) Flow rate GAS SUPLEMENTARIO Trailing gas COMPOSICION (%) CALDAL Composition (%) Flow rate OTROS Other			CARACTERISTICAS ELECTRICAS CORRIENTE CONTINUA POLARIDAD DIR (T) ; INV (M) Current Polarity AMPERIOS (RANGO) 110-140 (T) ; 80-260 (M) Amps. (range) VOLTIOS (RANGO) 10-12 (T) ; 25-30 (M) Volts (range) TIPO Y TAMAÑO ELECTRODO TUNGSTENO 2,4 EWTH2 Tungsten electrode type & size TIPO TRANSFERENCIA GMAW Mode metal transfer for GMAW VELOCIDAD ELEC./VAR. (RANGO) 13-23CM/MIN. (M) Elec./wire feed speed (range) OTROS Other				
TECNICA CONDON RECTO U OSCILACION RECTO String or wave bead LIMPIEZA INICIAL ENTREPASADAS (CEPILLADO, ENERILADO, ETC.) Initial and interpass cleaning (brushing, grinding, etc.) SISTEMA DE DESCARNE NO Back gouging method OSCILACION NO DISTANCIA MORDAZA-CONTACTO-PIEZA Oscillation Contact tube-work distance UNA O VARIAS PASADAS (POR CADA) VARIAS Multipass or single pass (per side) VELOCIDAD (RANGO) 13-23CM/MIN. (M) MANTILLO <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO OTROS Travel speed (range) Peening Yes No Other TAMAÑO DE LA BORNILLA DE GAS 9/32IN Orifice or gas cup size PIQUETA Y CEPILLO							
PASADAS SOLDADURA Weld Layers	PROCESO Process	MATERIAL APORTA Filler metal		CORRIENTE Current		VOLTIOS Volts	VELOCIDAD Travel Speed
		CLASE/TIPO Class/type	DIAMETRO Diameter	POLARIDAD Polarity	AMPERIOS Amps		
1	GTAW	LINDE915	3,2mm	DIRECTA	110-140	10-12	
NECESARIAS	SMAW	OK7618	2,5-3,25	INVERSA	80-140	25-30	13-23CM/MIN
RESTO	SMAW	OK7618	4-5mm	INVERSA	130-260	25-30	13-23CM/MIN

La clasificación general de números P, para aceros al carbono y aceros de aleación, se puede encontrar en la parte QW-420 del Código ASME sección IX.

Ver la tabla XII. (Ref. 7).

NÚMEROS F.

Para los metales de aporte, la sección IX del código ASME establece un sistema de agrupamientos en números F.

Este agrupamiento se basa en las características de uso que influyen determinantemente en la habilidad del soldador para ejecutar soldaduras satisfactorias con un metal de aporte dado. El agrupamiento al igual que los números P, es con la finalidad de reducir el número de calificaciones de procedimientos y de soldadores. Los metales de aporte no podrán ser substituidos indiscriminadamente sin previa consideración de compatibilidad de los metales base y de aporte desde el punto de vista de las propiedades químicas, metalúrgicas, mecánicas y de condiciones de servicio. Cabe destacar que las especificaciones ASME corresponden a las AWS. Ejemplo: La especificación SFA - 5.17 de ASME corresponde a la A 5.17 de AWS. *Ver la tabla XIII.*

NÚMEROS A.

Con el sistema de números A se agrupa y clasifica el análisis del metal de soldadura para la calificación del procedimiento.



TABLA XII

NUMEROS P AGRUPACION DE METALES BASE PARA CALIFICACION (REF. 7)

P Nº	GRUPO Nº	ESPECIF. Nº	GRADO	Resist. Tensión Mínima (KSI)	Composición Nominal
1	1	SA-36		58	C-Mn-Si
		SA-106	A	48	C-Si
		SA-106	B	60	C-Si
		SA-210	A1	60	C-Si
		SA-216	WCA	60	C-Si
1	2	SA-105		70	C-Si
		SA-106	C	70	C-Si
		SA-210	C	70	C-Mn-Si
		SA-216	WCB	70	C-Si
		SA-216	WCC	70	C-Mn-Si
3	1	SA-204	A	65	C-1/2Mo
		SA-209	T1	55	C-1/2Mo
		SA-209	T1a	60	C-1/2Mo
		SA-209	T1b	53	C-1/2Mo
		SA-213	T2	60	1/2Cr-1/2Mo
		SA-217	WC1	65	C-1/2Mo
		SA-250	T1	55	C-1/2Mo
		SA-250	T1a	60	C-1/2Mo
		SA-250	T1b	53	C-1/2Mo
3	2	SA-182	F1	70	C-1/2Mo
		SA-204	B	70	C-1/2Mo
		SA-204	C	75	C-1/2Mo
3	3	SA-302	B	80	Mn-1/2Mo
		SA-302	C	80	Mn-1/2Mo-1/2Ni
		SA-302	D	80	Mn-1/2Mo-3/4Ni

TABLA XII

(CONTINUACION)

NUMEROS P
AGRUPACION DE METALES BASE PARA CALIFICACION
(REF. 7)

P Nº	GRUPO Nº	ESPECIF. Nº	GRADO	Resist. Tensión Mínima (KSI)	Composición Nominal
4	1	SA-202	A	75	1/2Cr-1 1/4Mn-Si
		SA-202	B	85	1/2CR-1 1/4Mn-Si
		SA-213	T3b	60	2Cr-1/2Mo
		SA-213	T11	60	1 1/4Cr-1/2Mo-Si
		SA-213	T12	60	1Cr-1/2Mo
		SA-217	WC4	70	1Ni-1/2Cr-1/2Mo
		SA-217	WC5	70	3/4Ni-1Mo-3/4Cr
		SA-217	WC6	70	1 1/4Cr-1/2Mo
5A	1	SA-213	T21	60	3Cr-1Mo
		SA-213	T22	60	2 1/4Cr-1Mo
		SA-217	WC9	70	2 1/4Cr-1Mo
5B	1	SA-213	T5	60	5Cr-1/2Mo
		SA-213	T5b	60	5Cr-1/2Mo-Si
		SA-213	T5c	60	5Cr-1/2Mo-Ti
		SA-213	T7	60	7Cr-1/2Mo
		SA-213	T9	60	9Cr-1Mo
		SA-217	C5	90	5Cr-1/2Mo
		SA-217	C12	90	9Cr-1Mo
		SA-336	Cl.F5	60	5Cr-1/2Mo
		SA-336	Cl.F5A	80	5Cr-1/2Mo
		SA-336	Cl.F9	85	9Cr-1Mo
5C	1	SA-213	Gr. T91	85	9Cr-1Mo-V-Cb-N

TABLA XIII

NUMEROS F PARA ELECTRODOS Y ALAMBRES ACEROS AL CARBONO Y DE BAJA ALEACION (REF. 7)

NUMEROS F PARA ELECTRODOS Y ALAMBRES		
Nº F	ESPECIFICACION ASME	CLASIFICACION AWS
1	SFA - 5.1 & 5.5	EXX20, EXX24, EXX27, EXX28
2	SFA - 5.1 & 5.5	EXX12, EXX13, EXX14
3	SFA - 5.1 & 5.5	EXX10, EXX11
4	SFA - 5.1 & 5.5	EXX15, EXX16, EXX18, EXX48
4	SFA - 5.4	EXX15, EXX16
5	SFA - 5.4	EXX15, EXX16
6	SFA - 5.2	RX
6	SFA - 5.17	FXX - EXX
6	SFA - 5.9	ERXX
6	SFA - 5.10	ERXXS - X
6	SFA - 5.20	EXXT - X
6	SFA - 5.22	EXXXT - X
6	SFA - 5.23	FXX, EXXX - X, FXX - ECXXX - X
6	SFA - 5.25	FESXX - EXXXXX - EW
6	SFA - 5.26	EGXXTXXX
6	SFA - 5.28	ER -XXX - X; E - XXX - X
6	SFA - 5.29	EXXT - X
6	SFA - 5.30	IN XXXX

Cuando el análisis no cumpla con alguno de los números A, pero esté incluido en una especificación SFA, puede usarse el número de clasificación de AWS dentro de la especificación SFA en la elaboración del procedimiento de soldadura (Ref. 7).

POSICIONES PARA SOLDAR.

Las posiciones para soldar se designarán de acuerdo al código ASME sección IX (Ref. 7).

POSICIONES PARA SOLDAR DE RANURA EN TUBO.

- a) **POSICIÓN PLANA : 1G.-** Tubo con su eje horizontal y girando durante la operación. La soldadura se deposita en la parte superior.
- b) **POSICIÓN HORIZONTAL : 2G.-** Tubo con su eje vertical y el eje de la soldadura en el plano horizontal.
- c) **POSICIÓN MÚLTIPLE : 5G .-** Tubo con su eje horizontal y con la ranura de la soldadura en el plano vertical. La soldadura se hace sin girar el tubo.
- d) **POSICIÓN MÚLTIPLE : 6G .-** Tubo inclinado con su eje a 45° de la horizontal. La soldadura se realiza sin girar el tubo.

POSICIONES PARA SOLDADURA DE FILETE EN TUBO.

a) **POSICIÓN PLANA : 1 F** .- Tubo con su eje inclinado a 45° y girado durante la operación, de tal modo que el metal de soldadura se deposita en la parte superior y en el punto de depósito el eje de la soldadura es horizontal y la garganta vertical. *Ver figura 3.2* .

b) **POSICIÓN HORIZONTAL, 2F y 2FR.**

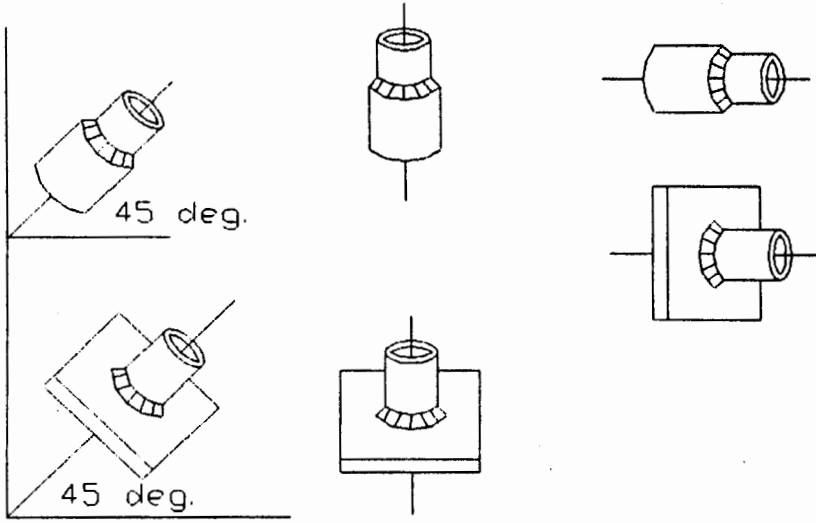
POSICIÓN 2F .- El tubo con su eje vertical de tal forma que la soldadura se deposita en el lado superior de la superficie horizontal y contra la superficie vertical. El eje de la soldadura será horizontal y el tubo no se gira durante la operación.

POSICIÓN 2FR .- Tubo con su eje horizontal y el eje de la soldadura depositada en un plano vertical, el tubo se gira durante la soldadura. .

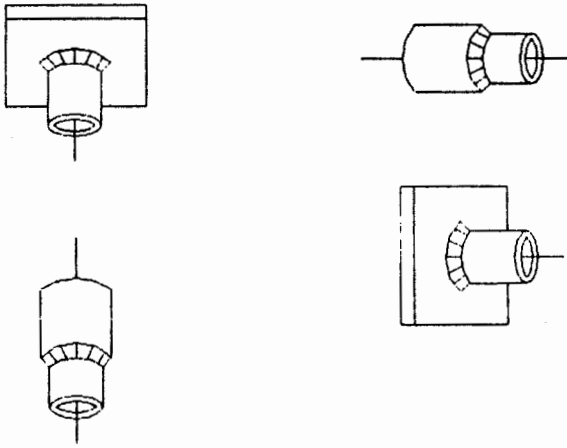
c) **POSICIÓN SOBRECABEZA : 4F** .-Tubo con su eje vertical de tal forma que la soldadura se deposita en la parte inferior de superficie horizontal y contra la superficie vertical. El eje de la soldadura será horizontal y el tubo no se gira durante la operación.

d) **POSICIÓN MÚLTIPLE : 5F** .- El tubo con su eje horizontal y el eje de la soldadura depositada en el plano vertical. El tubo no se gira durante la operación.

3.3 CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA.



(a) 1F (Rotated) (b) 2F (c) 2FR (Rotated)



(d) 4F (e) 5F

FIG 3.2 (REF. 7)

**POSICIONES PARA SOLDURA
DE FILETE EN TUBERIA**

Luego de haber elaborado y/o especificado el procedimiento de soldadura, se debe proceder a la calificación del mismo para de esta forma saber si es capaz de producir una junta soldada que cumpla con las normas de soldadura.

La calificación de procedimiento de soldadura se aplica a cualquier trabajo de soldeo en materiales o aleaciones metálicas que se requiera en la obra.

Es aplicable cuando se emplea un proceso o combinación de los siguientes procesos de soldadura: SMAW, SAW, GMAW y GTAW.

Para la calificación de cada procedimiento de soldadura se debe elaborar una probeta apegándose a dicha especificación y cortando especímenes de la probeta para someterlos a las pruebas y ensayos señalados en el mismo procedimiento.


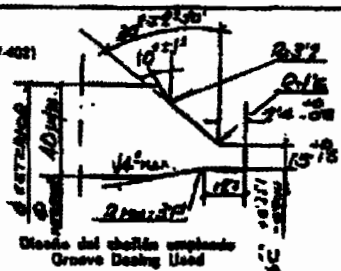
Los resultados de estas pruebas y ensayos de calificación deben ser registrados en una tabla parecida a la mostrada en el formato 6 .

Si los especímenes no satisfacen los ensayos y pruebas requeridas en algún procedimiento, este queda descalificado y debe elaborarse uno nuevo, con los cambios necesarios para corregir las deficiencias, y someterse nuevamente a calificación.

El D.C.C.S. debe preparar los especímenes y dirigir los ensayos y pruebas de calificación. Una vez calificado el procedimiento, se deberá formular un Registro de Calificación de Procedimiento (RCP).

FORMATO 6

REGISTRO DE CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO

 BABCOCK & WILCOX ESPAÑOLA, S. A. DFTO. CONTROL DE CALIDAD. 7. S. E.		
REGISTRO DE CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (QW-401)		POR: 526 Hoja 1 de 3 Sheet of
BABCOCK & WILCOX ESPAÑOLA, S. A. (COMPANY NAME)		
Registro de calificación del procedimiento N.º 526 Fecha Procedure qualification record No. Date		
WPS N.º 526 Re. C. (G. 1-BG) WPS No. WPS No.		
Proceso(s) de soldadura TIG + SMAW Tipo MANUALES Welding process(es) Type (Manual, Automatic, Semi-Automatic)		
NUNTA JOINTS (QW-402)  <p style="text-align: center;">Diseño del chablon empleado Groove Gouge Used</p>	METAL(S) BASE BASE METALS (QW-403) Espec. del material SA-335 Material Spec. P-11 Tipo o grado Type or Grade P. N.º P. N.º 4 P. No. P. No. Espesor 4,7 a 80 m/m. Thickness Diámetro 16" Diameter Otros (G-1W), RECTO (S-1W) Other	
MATERIALES DE APLICACION FILLER METALS (QW-404) Análisis del metal depositado A. N.º 4 Weld Metal Analysis A. N.º 3, 25-4-5 m/m. SMAW Tamaño de electrodo 3,2 m/m. (TIG) Size of Electrode Metal aplicado F. N.º 6. A. A. Filler Metal F. No. Especificación SFA 5.5, 5.28 (T) SFA Specification Especificación AWS E-3018-E21 (SMAW) (1) AWS Classification TIG (2) ER-90S-BGL Other (1) MARCA COMERCIAL OK. 7618 (2) MARCA COMERCIAL LINDE 515 (3) ELECTRODO TIG (3,4 m/m) AWS-EWTH	POSICION POSITION (QW-405) Posición de la junta 6. R. Position of Groove Dirección de avance LOS TRAMOS VERTICALES SE SOLDARAN EN ASCENDENTE Weld Progression (Ascendente, descendente) (Uphr. Downhtr)	
TRATAMIENTO POSTSOLDADURA POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407) Temperatura 550°C - 200°C Temperature Tiempo 2 HORAS 35 MINUTOS Time Otros Other	PRECALENTAMIENTO PREHEAT (QW-406) Temp. de precalentamiento 100°C (TIG) Preheat Temp. 150°C (RESTO) Temp. entre pasadas 100°C - 300°C (TIG) Interpass Temp. 150°C - 400°C (RESTO) Other NO	
CARACTERISTICAS ELECTRICAS ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-408) Corriente CONTINUA Current Polaridad DIRECTA (TIG) Polarity Amps. 115-140 (TIG) 10-12 (TIG) Amps. 80-240 (SMAW) 23-29 (SMAW) Voltage Velocidad 13-21 cm/minuto Travel Speed Otros Other	TECNICA TECHNIQUE (QW-409) Condiciones poste o con balance RECTO String or Weave Used Oscilación Oscillation Usa o varias pasadas VARIAS Multiple or Single Pass Usa o varios electrodos LIND Single or Multiple Electrode	


 REVISADO

FORMATO 6 (CONTINUACION)

BABCOCK & WILCOX ESPAÑOLA, S. A. DPTO. CONTROL DE CALIDAD, F. E. E.								
REGISTRO DE CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (QW-463)	POR. 526 Hoja 2 de 3 Sheet or							
ENSAYO DE TRACCION TENSILE TEST (QW-154)								
Prueba N. ^o Specimen No.	Ancho Width	Espesor Thickness mm	Sección Area mm ²	Carga de rot. Kg. Ultimate total load Lb.	Carga unit. Kg./mm ² Ultimate unit Stress PSI	Aspecto de la fractura y almacenamiento Character of fracture & location		
CH-463.1(g)	Ø	12,5	122,7	6250	51,9	BIEN		
"	Ø	12,5	122,7	6200	50,5	BIEN		
PRUEBAS DE DOBLADO CURVADO CURVED BEND TESTS (QW-150)								
Tipo y Fig. N. ^o Type and Figure No.	Resultado Result	Tipo y Fig. N. ^o Type and Figure No.	Resultado Result					
1) CH-462.2(g)	BUENO	3) CH-462.2(g)	BUENO					
2) "	"	4) "	"					
PRUEBAS DE TENACIDAD TOUGHNESS TESTS (QW-170)								
Prueba N. ^o Specimen No.	Tipo de entalla Notch location	Tipo de entalla Notch type	Temp. ensayo Test temp.	Valores del impacto Impact values	Exp. lateral Lateral exp.		Ensayo PELLON Drop weight	
					% fractura dentro % shear	1 --- mm. mm	Rate Break	No rotos No break
Tipo de ensayo Type of Test Análisis depositado Deposit Analysis Otros Other								
ENSAYO DE SOLDADURA DE FILETE FILLET WELD TEST (QW-180)								
Result. satisfactorio			SI, No			SI, No		
Result-Satisfactory			Yes, No			Yes, No		
Tipo y características de la rotura				Penetración en el metal base				
Type and Character of Failure				Penetration into Parent Metal				
Nombre del soldador				Resultado		N.º del ensayo		
Welder's Name				Result		Test No.		
Ensayo dirigido por				Check No.		Ensayo de laboratorio N.º		
Tests conducted by				Laboratory Test No.				
Firma				Firma				
For				For				
Certificamos la exactitud de los datos de esta ficha y en conformidad a los requisitos de la ESPAÑOLA CODE ASME, en cuanto a preparación, realización y número de los ensayos de soldadura.								
We certify that the statements in this record are correct and that the test was conducted in accordance with the requirements of Section III of the ASME Code.								
				Firma: BABCOCK & WILCOX ESPAÑOLA, S. A. Signed: _____ Per: M. A. SORIANO By: _____				
Fecha 5.5.81				Date				
El detalle del registro de los ensayos solamente son ilustrativos y pueden modificarse para estar de acuerdo al tipo y número de ensayos requeridos por el código.								
(Detail of record of tests are illustrative only and may be modified to conform to the type and number of tests required by the Code.)								
This Form obtainable from the Order Dept., ASME, 345 E. 47th St., New York, N. Y. 10017.								

PREPARACIÓN DE LA PROBETA.

En la preparación de la probeta se han de emplear los metales base y el o los metales de aporte señalados en el procedimiento. Las dimensiones de la probeta deben ser suficientes para proporcionar los especímenes requeridos en los ensayos y pruebas.

El metal base para la probeta debe ser en la misma forma en que se vaya a soldar en la práctica; ya sea tubo, placa o alguna otra forma.

Al calificar el procedimiento en tubo, también queda calificado en placa y viceversa.

La probeta debe ser soldada usando el tipo y dimensiones de ranura propuestos en el procedimiento, igualmente debe cumplirse todo el resto de parámetros y técnicas detalladas en el mismo.

SOLDADOR.

La probeta de soldadura debe ser ejecutada por un soldador con experiencia, que esté calificado o tenga la calificación de un procedimiento similar al que se está calificando. El sitio debe estar perfectamente protegido de cualquier efecto de viento, humedad u otras condiciones ambientales no desables para el proceso de soldeo.

INSPECCIÓN VISUAL.

El proceso de soldadura debe ser inspeccionado visualmente durante y después de terminada la prueba.

Si durante esta inspección se aprecian defectos o deficiencias que pueden afectar significativamente la calidad de la soldadura, se cancelará la prueba de calificación, se descalificará al soldador y se deberá preparar una probeta con otro soldador que muestre una mejor aptitud.

EXAMINACION RADIOGRAFICA.

Una soldadas las probetas , deberán ser radiografiadas al 100% de longitud, antes de cortar los especímenes para las pruebas mecánicas. La técnica para la examinación radiográfica debe ser la establecida en el **Artículo 2 de la sección V del código ASME.**

Si la soldadura tiene discontinuidades tales que no cumpla con los criterios de aceptabilidad, se debe preparar otra probeta con otro soldador con mayor experiencia y aptitud.

El procedimiento queda descalificado si después de dos o más probetas, la soldadura está fuera de norma y sea evidente que la causa del desperfecto sea el procedimiento y no la calidad de la mano de obra.

Cuando la soldadura muestra una imagen radiográfica dentro de norma, la calificación del procedimiento dependerá del resultado de las pruebas mecánicas.

El propósito de la examinación radiográfica es evitar que un procedimiento de soldadura se califique en base a una probeta con defectos de sanidad imputables a la mano de obra.

TIPOS Y PROPÓSITOS DE LAS PRUEBAS MECÁNICAS.

ENSAYOS DE TENSIÓN.

Estos ensayos tienen el propósito de determinar la resistencia última a la tensión de una junta soldada de ranura a tope.

ESPÉCIMEN DE SECCIÓN REDUCIDA - TUBO.

Estos especímenes deben prepararse conforme a los requerimientos que determina el código ASME sección IX, para cualquier espesor de tubo que tenga diámetro exterior mayor a 3" (76 mm).

EJECUCIÓN DEL ENSAYO.

El espécimen preparado es colocado en la máquina de ensayo y se le aplica tensión gradualmente hasta que se rompe totalmente. La resistencia a la tracción se debe calcular dividiendo la carga máxima entre el área de la sección recta, tal como se midió antes de aplicar la carga. Los especímenes se cortan de la probeta como lo indica la *figura 3.3.3*.

CRITERIO DE ACEPTABILIDAD.

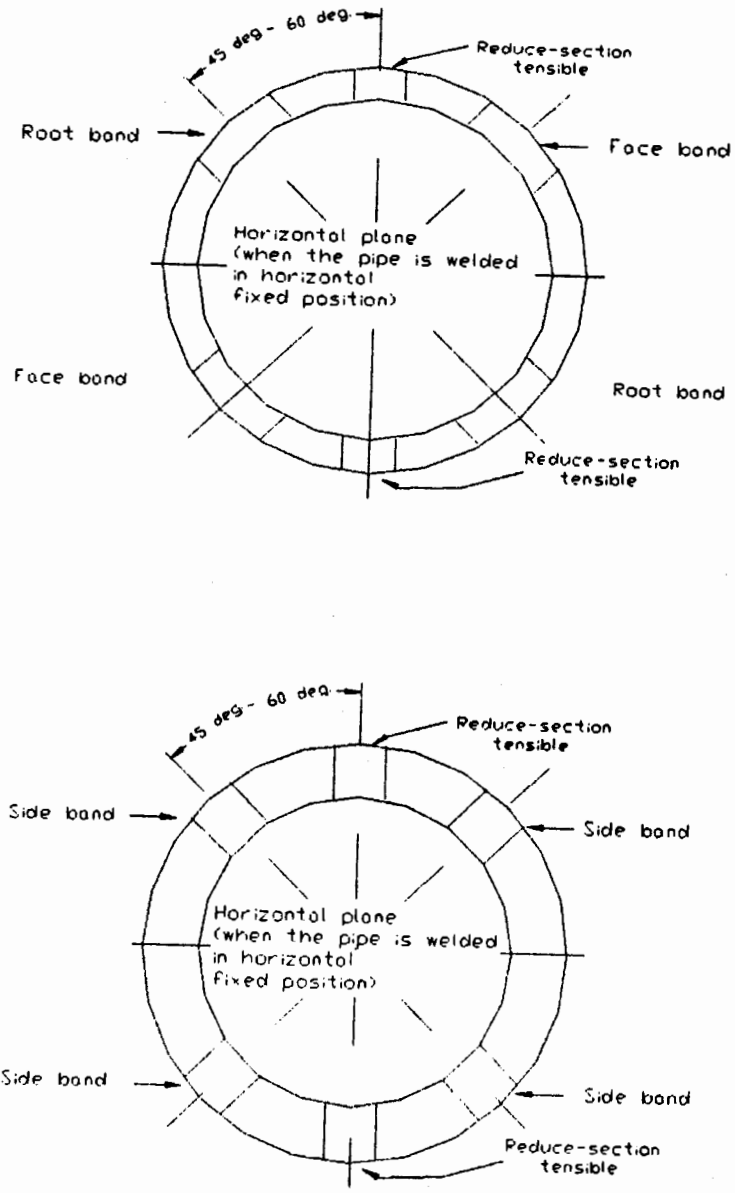


FIG 3.3.3 (REF. 7)

**ESQUEMA PARA CORTE
DE PROBETAS**

Para que se considere satisfactorio el ensayo, los especímenes requeridos deben tener una resistencia a la tracción no menor de:

- a.- La resistencia a la tracción mínima especificada para el metal base.
- b.- La resistencia a la tracción mínima especificada para el mas débil de los dos, si se unen metales base de resistencia especificada diferente.
- c.- La resistencia mínima especificada del metal de soldadura, cuando la sección del código aplicable prevé el uso del metal de soldadura con resistencia mas baja que el metal base, a temperatura ambiente.
- d.- Si el espécimen se rompe en el metal fuera de la soldadura o de la línea de fusión, debe considerarse que cumple los requerimientos siempre que la resistencia no esté mas de 5% abajo de la resistencia mínima especificada para el metal base.
- e.- Si el espécimen se rompe en el metal base fuera de la soldadura o de la línea de fusión y la resistencia a la tracción observada es menor en mas de 5% de la resistencia mínima especificada del metal base, la probeta puede considerarse no significativa y prepararse una nueva probeta.

ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO.

Los especímenes para doblez guiado se preparan cortando las placas o tubos para formar las piezas de sección transversal aproximadamente rectangular.

A las superficies que sufren en corte se les llama lados. La superficie donde la soldadura tiene su mayor ancho se le llama cara; la superficie donde la soldadura es mas delgada se llama raíz (Ref. 7).

ESPÉCIMEN PARA DOBLADO LATERAL TRANSVERSAL.

La soldadura es transversal al eje longitudinal del espécimen, el cual dobla de tal forma que una de las superficies laterales se convierte en la parte convexa del espécimen doblado.

El espécimen debe cortarse y prepararse para que cumpla con las dimensiones mostradas en la *figura 3.3.4 - A*.

ESPÉCIMEN PARA DOBLADO DE CARA TRANSVERSAL

La soldadura es transversal al eje longitudinal del espécimen, el cual se dobla para que la superficie de cara se convierte en la parte convexa del espécimen doblado.

El espécimen debe cortarse y prepararse para que se cumpla con las dimensiones mostradas en la *figura 3.3.4 - A*.

ESPÉCIMEN PARA DOBLADO DE RAÍZ TRANSVERSAL.

La soldadura es transversal al eje longitudinal del espécimen, el cual se dobla para que la superficie de raíz se convierta en la parte convexa del espécimen doblado.

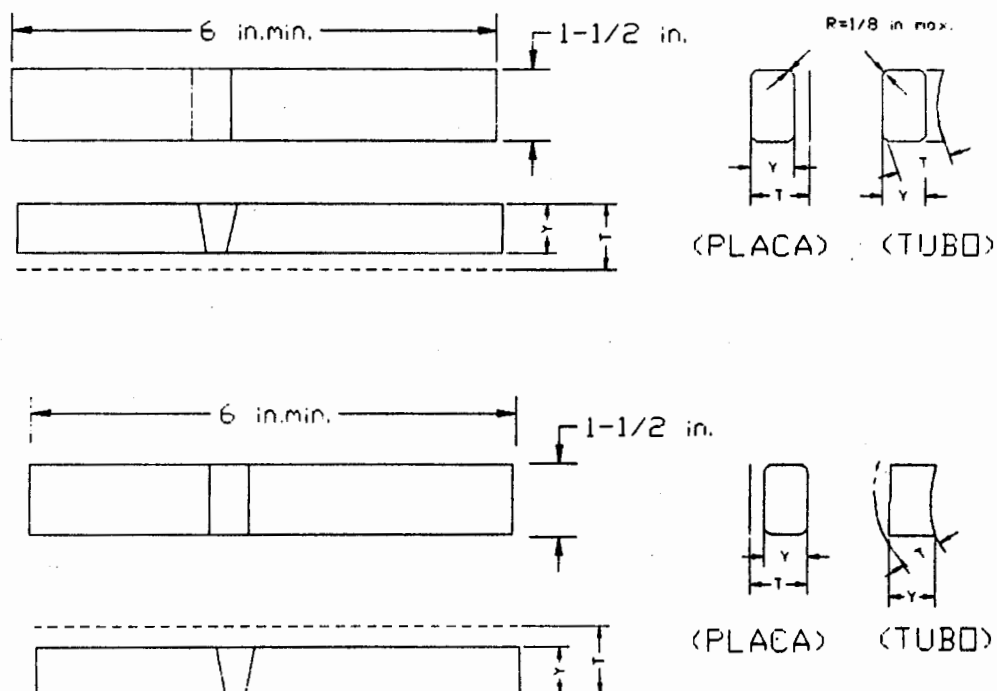


FIG. 3.3.4-A (REF. 7)

**CORTE DE PROBETA
CARA Y RAIZ TRANSVERSAL**

T (Pulg)	Y (Pulg)	
	P-Nº 23 ; F-Nº 23 ó P-Nº 35	TODOS LOS OTROS METALES
1/16 < 1/8	T	T
1/8 - 3/8	1/8	T
> 3/8	1/8	3/8

El espécimen debe cortarse y prepararse para que cumpla con las dimensiones de la *figura 3.3.4 - A*.

ESPÉCIMEN DE TAMAÑO REDUCIDO PARA DOBLADO DE CARA Y RAÍZ TRANSVERSAL.

Para tubos de 3" (76 mm) de diámetro exterior o menos, el ancho del espécimen de doblado de la *figura 3.3.4 - A*, será de 3/4" (19mm), medido alrededor de la superficie externa. Alternativamente, para tubos de 2 3/8" (60mm) o menos de diámetro externo, el ancho del espécimen será el resultante de cortar el tubo en cuatro secciones.

ESPÉCIMEN PARA DOBLADO DE CARA Y RAÍZ LONGITUDINAL.

El doblado longitudinal se usará en lugar del doblado transversal de cara y raíz cuando hay una diferencia marcada en las propiedades de doblado entre:

- a.- Los dos metales base;
- b.- El metal de soldadura y el metal base.

La soldadura paralela al eje longitudinal del espécimen, debe cortarse y prepararse para que se cumplan las dimensiones de la *figura 3.3.4 - B*.

En el ensayo de doblado de cara, el espécimen se dobla de tal forma que la cara sea la parte convexa una vez realizado el doblado. La superficie de la raíz será la parte convexa del espécimen doblado en el ensayo de doblado de raíz.



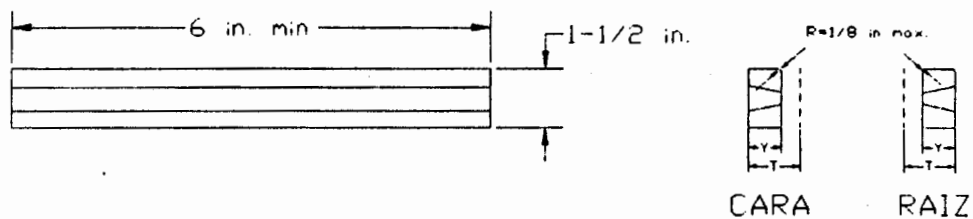


FIG. 3.3.4-B (REF. 7)

**CORTE DE PROBETA
CARA Y RAIZ LONGITUDINAL**

T (Pulg)	Y (Pulg)	
	P-Nº 23 ; F-Nº 23 ó P-Nº 35	TODOS LOS OTROS METALES
1/16 < 1/8	T	T
1/8 - 3/8	1/8	T
> 3/8	1/8	3/8

CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD.

El cordón de soldadura y la zona afectada por el calor en un espécimen de doblado transversal deben quedar completamente dentro de la porción doblada después del ensayo.

El espécimen doblado no debe tener defectos abiertos que excedan de 1/8" (3.2mm), medidos en cualquier dirección, en la superficie convexa del mismo, excepto que no deben considerarse las grietas que se dan en las esquinas del espécimen durante el ensayo, a menos que haya evidencia de que la falla resultara como consecuencia de inclusiones de escoria u otros defectos internos.

TIPO Y NUMERO DE ENSAYOS REQUERIDOS.

La probeta de soldadura se sujetará a la examinación radiográfica al 100%. Además de la soldadura se deben cortar especímenes para ensayos de tensión y de doblez guiado.

El número de especímenes que se deben preparar y sujetar a ensayos mecánicos serán como se indica en la *tabla XIV*.

VARIABLES EN SOLDADURA.

Aquí se definen las variables de soldadura aplicables a los procesos SMAW, GMAW, GTAW y SAW, cada una de estas variables será considerada como:

TABLA XIV

**ENSAYOS Y ESPECIMENES REQUERIDOS PARA CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS
(REF. 7)**

Espesor t, del tubo ó placa de ensayo.	Rango de espesores de materiales, calificado por ensayo de placa en pulg.		TIPO Y NUMERO DE ENSAYOS REQUERIDOS			
	Mínimo	Máximo	Tensión	Doblez Lateral	Doblez de Cara	Doblez de Raiz
(a) ENSAYOS DE TENSION Y DE DOBLEZ TRANSVERSAL.						
Menos de 1/16 1/16 a 3/8 3/8 a 3/4 Mayor a 3/4	t	2t	2	4	2	2
	1/16.	2t	2	4	2	2
	3/16.	2t	2	4	2	2
	3/16.	2t	2	4	2	2
(b) ENSAYOS DE TENSION Y DE DOBLEZ LONGITUDINAL						
Menor de 1/16 1/16 a 3/8 Mayor a 3/8	t	2t	2		2	2
	1/16.	2t	2		2	2
	3/16.	2t	2		2	2

a.- VARIABLE ESENCIAL.

Una variable esencial es aquella que podría producir un cambio en la condición de la soldadura, con lo cual afectaría las propiedades mecánicas de la misma. (Por ejemplo un cambio en el número P, en el proceso de soldadura, en el metal de aporte, en el tratamiento de precalentamiento o postcalentamiento, etc.).

b.- VARIABLE ESENCIAL SUPLEMENTARIA.

Es aquella que podría originar un cambio en la condición de la soldadura la cual afectará las propiedades de tenacidad de la soldadura, por ejemplo un cambio en el proceso de soldadura, soldadura vertical ascendente o descendente, precalentamiento, tratamiento térmico de relevado de esfuerzos, etc.

c.- VARIABLE NO ESENCIAL.

Es aquella que puede producir un cambio en la condición de soldadura la cual no afectará las propiedades mecánicas de la soldadura, por ejemplo el tipo de junta, el método de limpieza, etc.

JUNTAS.

- Un cambio en el tipo de junta (En V, U, bisel sencillo, etc.) o en el diseño básico de la ranura.

- La eliminación de un respaldo en juntas a tope soldadas por un solo lado.
- La adición de un respaldo y de su composición nominal.
- Un incremento en el gap arriba del inicialmente acordado.

METALES BASE.

El cambio de un metal base de un número P a un metal base de otro número P. Cuando las juntas se hacen entre dos metales de diferente número P, se requiere de recalificación aunque los dos hayan sido calificados independientemente usando el mismo procedimiento. Sin embargo, para metales base de número P 1,3,4 y 5 (de contenido nominal de cromo de 3% máximo), los ensayos de calificación de procedimiento con metal de algún número P también califican el procedimiento para el metal base de ese número P menor, pero no a la inversa.

METALES DE APORTE.

- Un cambio en las dimensiones del metal de aporte.
- Un cambio de número F a otro número F.
- Un cambio en la composición química del depósito de soldadura de un número A , a otro a cualquier otro número A.
- Un cambio en el tamaño nominal del electrodo o electrodos.

- Un cambio en el diámetro nominal del electrodo, tal que sobrepase de $\frac{1}{4}$ " (6 mm).
- La adición o eliminación del uso del metal de aporte.
- Un cambio de un número F a cualquier otro número F o cualquier otro metal de aporte, excepto que la calificación con cualquier número F hasta F-4 inclusive, debe calificar al soldador también para todos los números F inferiores.
- Tomadas de ASME sección IX QW- 440.

POSICIONES.

- La adición de otras posiciones de soldadura diferentes a las ya calificadas.
- Un cambio de cualquier posición a la posición vertical ascendente. La posición vertical ascendente califica para todas las posiciones.

PRECALENTAMIENTO.

- Una disminución en mas de 100°F (56°C) en la temperatura mínima especificada.
- Un cambio en el mantenimiento o reducción de precalentamiento después de terminada la soldadura y antes de cualquier tratamiento de postcalentamiento requerido.

- Un incremento en la temperatura máxima especificada entre pases.

TRATAMIENTO DE POSTCALENTAMIENTO.

Un cambio en el rango de temperaturas de postcalentamiento especificado requiere calificación del procedimiento de soldadura para cada una de las siguientes condiciones:

1. Cuando no se use tratamiento de postcalentamiento.
2. Cuando se use tratamiento de postcalentamiento (el cual se defina bajo el rango crítico).
3. Cuando el postcalentamiento de la soldadura se aplique arriba del rango crítico sin un tratamiento de postcalentamiento adicional.
4. Cuando se aplica un tratamiento térmico a la soldadura arriba del rango crítico con un tratamiento de postcalentamiento adicional.

GAS.

- La adición o eliminación de gas de protección y/o un cambio en su composición.
- Un cambio de un gas simple a otro gas simple, o a una mezcla de gases, o un cambio en el porcentaje especificado de composición de la mezcla de gases, o la omisión del gas de protección.

- Una disminución del 10% o más en el flujo del gas o mezcla de protección .
- La adición o cancelación de gas de protección posterior a un cambio en su composición o en la razón de su flujo.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS.

Un cambio en el tipo de corriente , polaridad o un incremento en el amperaje o voltaje.

Un cambio de CA a CD o viceversa, y en CD, un cambio de polaridad directa a polaridad invertida o viceversa.

TÉCNICAS.

- Un cambio de técnica de cordón recto a la técnica de cordón oscilado, o viceversa.
- Un cambio en el método de limpieza inicial o entre pases (cepillado, esmerilado, etc.).
- Un cambio en el método de remoción posterior del metal.

Ver la tabla XV.

3.4. CALIFICACIÓN DE SOLDADORES.

Mediante este procedimiento, todos los soldadores que van a laborar en las distintas fases de la obra, quedarán calificados luego de aprobar con

TABLA XV

VARIABLES PARA CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DEL PROCESO.

(REF. 7)

	VARIABLE	SMAW			GTAW		
		E	ES	NE	E	ES	NE
JUNTAS	Un cambio en el tipo de junta (V,U, bisel sencillo, etc) o en el diseño básico de la ranura.			X			X
	La eliminación de un respaldo en juntas a tope soldadas por un solo lado.			X			
	La adición de un respaldo y de su composición nominal. Un incremento en el gap arriba del inicial acordado.						X
METAL BASE	El cambio de un metal base de un N° P a un metal base de N° P diferente.	X			X		
METALES DE APORTE	Un cambio en las dimensiones del metal de aporte.						X
	Un cambio de un N° F a otro N° F	X			X		
	Un cambio en la composición química del depósito de soldadura de un N° A a otro N° A.	X			X		
	Un cambio en el tamaño nominal del electrodo.			X			X
	Un cambio en el diámetro nominal del electrodo tal que sobrepase los 6mm.		X				
	La adición o eliminación del uso del metal de aporte.				X		
POSICIONES	La adición de otras posiciones de soldadura diferentes a las ya calificadas.			X			X
	Un cambio de cualquier posición a la posición vertical ascendente califica para todas las posiciones.		X			X	

TABLA XV

CONTINUACION (REF. 7)

PRECALENTAMIENTO.	Una disminución de en más de 56°C en la temperatura mínima especificada.	X			X		
	Un cambio en el mantenimiento o reducción del precalentamiento.			X			
	Un incremento en la temperatura máxima especificada entre pases.		X			X	
GAS	La adición o eliminación de gas de protección residual o un cambio en la composición.						X
	Un cambio de un gas simple a otro gas simple o a una mezcla de gases.				X		
	Una disminución en un 10% o más en el flujo del gas.						X
	La adición o cancelación de gas de protección o en la razón de flujo de gas.						X
CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS	Un cambio en el tipo de corriente o polaridad o un incremento en el amperaje o voltaje.		X			X	
	Un cambio de CA a CD o viseversa y en CD un cambio de polaridad directa a invertida o viseversa.						

los requerimientos del procedimiento de soldadura en el cual vayan a trabajar. El DCCS es el encargado de evaluar si tales requerimientos han sido satisfechos.

REQUERIMIENTOS BÁSICOS.

- 1.- Cada soldador antes de participar en los trabajos de la obra, deberá ser examinado para demostrar su aptitud y habilidad en la ejecución de las soldaduras.
- 2.- El soldador debe depositar una soldadura de acuerdo a su categoría, los procesos y las fases de la obra en las que se pretenda calificar.
- 3.- La probeta debe ser preparada y la soldadura ser depositada de acuerdo a la especificación del procedimiento que se esté calificando.
- 4.- Una vez que el soldador ha terminado de depositar la soldadura en la probeta, un inspector del DCCS deberá examinarla y aprobarla visualmente. Luego de esto la probeta será sometida a los ensayos no destructivos y a las pruebas mecánicas que especificara el procedimiento.
- 5.- Una vez que la probeta ha aprobado los requerimientos antes mencionados, el soldador quedará calificado para participar en la soldadura del procedimiento en el cual se calificó.

CATEGORÍA DE LOS SOLDADORES.

Los soldadores se los clasifica o agrupa de acuerdo a la experiencia, a la calidad de las soldaduras depositadas, a la habilidad, pero más específicamente de acuerdo a los procesos de soldadura, posiciones, espesores, diámetros y materiales en que está calificado.

SOLDADOR ESPECIALISTA.

Es aquel que está calificado para soldar tanto en acero al carbono como en aceros de aleación, aceros inoxidable y otras aleaciones especiales, empleando ya sea el proceso SMAW, GMAW o GTAW.

También está calificado para soldar en tuberías y recipientes a presión, así como en cualquier otro tipo de trabajo donde la calidad de la soldadura esté estrictamente controlada por requerimientos de código.

También en trabajos de estructura donde las soldaduras soporten grandes esfuerzos o que por su posición o condiciones, el depósito de soldadura sea muy delicado.

SOLDADOR DE PRIMERA.

Está calificado para soldar aceros de bajo carbono y con proceso SMAW, en estructuras y otros componentes no sujetos a presión, temperatura ni esfuerzos severos.

Pueden hacer soldaduras cuya calidad no sea estrictamente controlada por código. Pueden puntear el trabajo del soldador especialista.

SOLDADOR DE SEGUNDA.

Está calificado para soldar aceros de bajo carbono y en proceso SMAW, cuando las soldaduras sean de poca importancia. Cuando la posición o las condiciones hagan que la soldadura sea fácil de aplicar. Solamente soldaduras en posición plana y horizontal. Puede puntear el trabajo del soldador de primera.

PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS.

El metal base de las probetas debe ser cortado y elaborado por el DCCS, debe estar perfectamente lista cuando el soldador se presente a hacer la prueba. El tipo de probeta debe estar de acuerdo con el trabajo que se vaya a realizar y la ranura debe estar de acuerdo a lo especificado en el procedimiento de soldadura.

TIPOS DE ENSAYOS PARA UN SOLDADOR ESPECIALISTA.

Las probetas preparadas para la calificación de soldadores , deben ser sometidas a los siguientes ensayos :

i.- INSPECCIÓN VISUAL.

Durante la ejecución de las soldaduras en las probetas, el soldador especialista debe demostrar :

- a.- Conocimiento completo del equipo de soldar y de sus herramientas y materiales suplementarios en toda la operación.
- b.- Destreza y habilidad suficiente para establecer y manipular el arco eléctrico y el charco de metal fundido.
- c.- Deposita cordones de fondo que fusionan y penetran perfectamente en la raíz de la junta.
- d.- Elimina perfectamente la escoria y poros superficiales después de cada cordón, especialmente en el lado del cordón de fondeo y de paso caliente.
- e.- Regula o da instrucciones para regular la corriente según el diámetro del electrodo y según la posición.
- f.- Que da un acabado de la soldadura de acuerdo al código, tanto en dimensiones como en apariencia. Que no haya roturas en la superficie, poros, socavados, etc.

El inspector puede dar por terminada la prueba en cualquier momento si el soldador da muestras evidentes de deficiencia para depositar soldadura con calidad de código.

ii.- EXAMINACION RADIOGRAFICA.

La examinación radiográfica de las probetas debe efectuarse luego de que éstas han pasado la inspección visual realizada por un inspector de control de calidad.

Esta examinación radiográfica debe efectuarse luego de que las probetas se hayan enfriado al aire hasta la temperatura ambiente y siguiendo el método y técnicas recomendadas por el artículo 2 de la sección V del código ASME.

Terminología de las Indicaciones.

Luego de hacer la prueba radiográfica, podemos observar en las películas reveladas si en la probeta existe algún defecto. Luego hay que evaluar si el o los defectos están o no dentro de los parámetros aceptados por el código.

A continuación ponemos en consideración algunos de los posibles defectos revelados en las placas radiográficas.

a.- Indicaciones Lineales.

Son discontinuidades como roturas , falta de fusión, falta de penetración y escoria que aparecen en la radiografía como indicaciones cuya longitud es tres veces más su ancho.

b.- Indicaciones Redondeadas.

La porosidad o inclusiones de escoria o de tungsteno quedan representadas en la radiografía como indicaciones redondeadas cuya longitud es menor a tres

veces su ancho. Estas indicaciones pueden ser circulares, elípticas, irregulares, pueden tener colas y pueden ser de densidad variable.

Estándares de Aceptabilidad.

Se considerará inaceptable la probeta, y el soldador quedará descalificado cuando la imagen radiográfica muestre cualquier defecto que esté fuera de los siguientes parámetros:

a.- En Indicaciones Lineales.

- 1.- Cualquier tipo de rotura o zona con falta de fusión o falta de penetración.
- 2.- Cualquier inclusión de escoria alargada la cual tenga una longitud mayor de:
 - i.- $1/8''$ (3.2 mm) para t hasta de $3/8''$ (10 mm) inclusive.
 - ii.- $1/3''$ de t, para t mayor de $3/8''$ hasta $2\ 1/4''$ inclusive.
 - iii.- (19 mm), para t mayor de $2\ 1/4''$ (57 mm)
- 3.- Cualquier grupo de inclusiones de escoria en línea, que tenga una longitud mayor a "t" en una longitud de 12 t, excepto cuando la distancia entre imperfecciones sucesivas excede de 6 L, donde L es la longitud de la imperfección más larga del grupo.

b.- En Indicaciones Redondeadas.

- 1.- La dimensión máxima permisible para indicaciones redondeadas debe ser de 20% de t ó $1/8''$ (3,2 mm), cualquiera que sea menor.
- 2.- Para soldaduras en material de menos de $1/8''$ (3,2 mm) de espesor el número máximo de indicaciones redondeadas aceptables no debe exceder de 12 en una longitud de $6''$ (152 mm) de soldadura. Debe ser permisible un número proporcionalmente inferior de indicaciones redondeadas en soldaduras menores de $6''$ de longitud.
- 3.- Para soldaduras de material de un espesor mayor a $1/8''$ (3,2 mm). En la *FIGURA 3.4.2* se representa se representan los tipos máximos aceptables de indicaciones redondeadas, ilustradas en configuraciones típicas agrupadas y distribuidas al azar. Las indicaciones redondeadas menores a $1/32''$ (0,8 mm) de diámetro máximo no deben ser consideradas en la aceptación radiográfica para estos rangos de espesor.

iii. ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO.

Las probetas luego de haber aprobado los ensayos radiográficos deben cortarse en especímenes para el ensayo de doblez guiado (Ref. 7).

3.5. REQUERIMIENTOS DE INSPECCIÓN DE SOLDADURA EN UNA CALDERA ACUOTUBULAR.



**TYPICAL QUANTITY AND SIZE PERMITTED
IN 6 IN. LENGTH OF WELD
1/8 IN. TO 1/4 IN. THICKNESS**



**TYPICAL QUANTITY AND SIZE PERMITTED
IN 6 IN. LENGTH OF WELD
OVER 1/4 IN. TO 1/2 IN. THICKNESS**



**TYPICAL QUANTITY AND SIZE PERMITTED
IN 6 IN. LENGTH OF WELD
OVER 1/2 IN. TO 1 IN. THICKNESS**

..



**TYPICAL QUANTITY AND SIZE PERMITTED
IN 6 IN. LENGTH OF WELD
OVER 1 IN. THICKNESS**

**Fig. 3.4.2
INDICACIONES REDONDEADAS
(REF 1)**

Tanto en el montaje de una caldera como en cualquier otra obra en la cual los procesos de soldadura sean parte importante en el desarrollo de la misma, los requerimientos de inspección de soldadura son los únicos procedimientos que garantizan una buena calidad de las juntas soldadas. Es por esta razón que la inspección visual y las inspecciones radiográficas son imprescindibles dentro del control de calidad de soldadura.

3.6. INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA.

El propósito de este procedimiento es desarrollar un método específico y claro para una correcta inspección de soldadura, que conduzca a obtener uniones soldadas de calidad, evitando así la necesidad de reparaciones y las pruebas no destructivas posteriores hasta que se obtenga la aprobación visual, de esta manera se minimizan los costos de inspección y tiempos de ejecución.

La inspección visual es un requisito de código y en la medida en que se cumpla evitará la excesiva e indiscriminada inspección radiográfica, limitándose a los porcentajes señalados por el mismo código.

INFORMACIÓN TÉCNICA.

El inspector de soldadura debe disponer o tener acceso a todos los planos y especificaciones relacionados con las soldaduras en la obra.

Debe informarse de todos los frentes de soldadura existentes y de los que están por abrirse para de esta forma organizar anticipadamente el trabajo y todo lo relacionado con los procedimientos y normas a utilizarse.

FASES DE LA INSPECCIÓN VISUAL.

INSPECCIÓN VISUAL PREVIA.- Esta fase se desarrolla antes que se ejecute la soldadura y en donde el inspector debe verificar que se dispone de equipos, recursos materiales, capacidad técnica y soldadores calificados. Se debe detectar y resolver lo que más tarde podría ser un problema grave.

INSPECCIÓN VISUAL DURANTE EL PROCESO.- Esta inspección se desarrolla durante la ejecución de los trabajos de soldadura con el propósito de evitar que ocurran desviaciones del procedimiento establecido y calificado.

INSPECCIÓN FINAL.- En esta fase de la inspección visual se debe evaluar la calidad de la soldadura terminada y tomar una decisión de aceptación o rechazo.

Se aplica al 100% de las juntas soldadas y en toda su longitud. Luego se debe emitir un reporte y si hubiera defectos fuera de norma, se marcan físicamente para su corrección.

INSPECCIÓN PREVIA.

El inspector de soldadura comprobará que a satisfacción se han cumplido con los siguientes requerimientos :

- 1.- Verificar el desarrollo de un procedimiento de soldadura y debe estar calificado de acuerdo al código ASME Sec. IX.
- 2.- Los soldadores deben estar calificados en el proceso y tipo de trabajo que van a ejecutar y se les debe asignar una clave de identificación. La calificación debe realizarse conforme al código ASME Sec. IX.
- 3.- Se debe contar con una máquina de soldar, cables, portaelectrodos y demás equipo de capacidad necesaria y en condiciones apropiadas de operación.
- 4.- El material base ha de tener el bisel preparado como lo indique el procedimiento o diseño de la junta.
- 5.- El metal base a unir debe estar totalmente libre de óxidos, herrumbre, escamas, aceite, pintura y cualquier material extraño que pueda perjudicar la soldadura.

INSPECCIÓN DURANTE EL PROCESO.

El inspector de soldadura debe verificar que se cumplen los siguientes requerimientos :

- 1.- Los metales base a soldar deben estar alineados, armados y perfectamente limpios.

- 2.- Los metales base a soldar deben precalentarse, cuando la temperatura ambiente o el código así lo exijan.
- 3.- No se debe soldar cuando llueva o cuando haya viento excesivo a menos que el lugar de trabajo este perfectamente protegido.
- 4.- El metal base (placa, tubos o accesorios), no debe presentar laminaciones sobre el bisel. Cuando haya tales laminaciones, no se debe soldar hasta que se explore con inspección ultrasónica la magnitud de tales laminaciones y definir si es aceptable o rechazable. En este caso, decidir si se debe cambiar el componente o hay alguna forma de reparación.
- 5.- El metal de aporte debe ser de la especificación que se calificó y debe estar en buen estado, especialmente los electrodos revestidos.
- 6.- Los parámetros de proceso, corriente, velocidad de avance del arco, flujo de gas (en caso de los procesos GTAW y GMAW), etc. deben mantenerse dentro de rangos calificados.
- 7.- No se debe rellenar con materiales extraños (varillas de construcción), cuando por alguna causa ha quedado una abertura de raíz excesiva.
- 8.- El cordón de fondeo debe quedar depositado en forma uniforme y con suficiente penetración. Ninguna junta de tubería debe ser suspendida cuando solo se ha depositado el cordón de fondeo.

- 9.- Luego de depositar cada cordón, debe eliminarse completamente la escoria y los poros de la superficie, hasta que quede el metal limpio y sano.
- 10.- Se debe respetar la secuencia en que han de depositarse las diferentes soldaduras para minimizar las distorsiones y esfuerzos residuales, especialmente en los fondos y techos de tanques.
- 11.- No debe usarse electrodo revestido invirtiendo la polaridad para limpieza de la soldadura o del metal base. Se usará equipo de arco-aire.
- 12.- Cuando lo establezca el código o el procedimiento calificado, debe darse postcalentamiento y/o relevado de esfuerzos.
- 13.- Una vez terminada la soldadura debe limpiarse perfectamente toda la escoria y se debe examinar el chisporroteo o residuos de soldadura de la obra falsa en el metal base.

INSPECCIÓN FINAL.

Para dar por aceptadas las soldaduras y antes de que proceda la inspección radiográfica o algún otro tipo de prueba, el inspector de soldadura debe inspeccionarlas al 100% una vez que las hayan dado por terminadas, y debe verificar que la misma esté libre de los siguientes defectos :

Poros en la superficie .- Bolsas de gas atrapado en el metal de soldadura durante el depósito del cordón de vista. La soldadura porosa debe eliminarse por esmerilado hasta que se llegue al metal sano.

Roturas en la superficie .- Son fracturas en la soldadura o en el metal base, o en ambos, provocadas por incompatibilidad entre el primero y el segundo, o bien por causas mecánicas. En caso de duda o por roturas muy finas, se debe verificar con la examinación por líquidos penetrantes o por partículas magnéticas.

Socavado en el metal base .- Es un canal o deficiencia de material a lo largo de la orilla de la soldadura y que representa un lugar en donde existe concentración de esfuerzos.

Socavado entre cordones .- Son irregularidades o valles que se dan en la frontera de dos cordones. Cuando hay socavado pero con una corona suficiente, bastará con eliminar por esmerilado las irregularidades. Si la corona quedara baja después del esmerilado, es preferible primero rellenar los socavados con un metal de aporte y luego uniformizar con esmerilado.

Corona excesiva .- Esta situación se presenta cuando el refuerzo de la soldadura tiene una altura superior al máximo permisible por el código o diseño. Normalmente hay que desbastar el exceso por esmerilado, pero el inspector debe decidir si esto resulta práctico y necesario porque durante el esmerilado podría producirse algún daño en el metal base.

Corona baja .- Se presenta este defecto simplemente cuando el metal de aporte agregado ha sido insuficiente para cubrir por completo la ranura, es decir, que el espesor de la soldadura en algunos puntos es menor al espesor del metal base.

Cordón de vista irregular .- Es cuando el ancho y altura del refuerzo y la apariencia de la soldadura son muy variables a lo largo de la soldadura, dando lugar a puntos de concentración de esfuerzos y de corrosión.

Limpieza incompleta .- Cuando se ha eliminado por completo la escoria del cordón de vista o que han quedado residuos de soldadura en el metal base por chisporroteo o por obra falsa.

Garganta de filete insuficiente .- Este es un defecto dimensional cuando la garganta de la soldadura de filete es menor del tamaño exigido por el código o diseño. En cierto modo este defecto es a las soldaduras de filete como la corona baja es a la soldadura a tope.

Desalineamiento de superficies .- Las superficies de los miembros a unir deben quedar sobre el mismo plano. Cuando hay cierta diferencia en el diámetro exterior, excentricidad o simplemente por mal armado, resultará el desalineamiento de superficies. Este desalineamiento debería repetirse en toda la superficie para minimizarlo.

Sobremonta .- Es un defecto relacionado con el perfil del cordón, y consiste en que el metal de soldadura se extiende más allá de la orilla de fusión, formando así puntos de elevada concentración de esfuerzos.

3.7. INSPECCIÓN RADIOGRAFICA DE SOLDADURA.

Antes de iniciar los trabajos de inspección radiográfica se debe especificar detalladamente el método, técnicas y materiales a emplear para cada tipo de obra en particular.

Esta especificación debe calificarse en campo antes de que se autorice su aplicación. En caso de que dicha especificación no resulte satisfactoria, la compañía de radiografías deberá modificar y mejorar sus técnicas y/o materiales hasta que sea capaz de producir radiografías con calidad de código.

No se aceptarán radiografías que hayan sido tomadas con técnicas no especificadas ni calificadas. Cabe destacar que la compañía SENDRE fué la encargada de realizar los ensayos radiográficos de las partes a presión de caldera, habiéndose desempeñado de manera muy eficiente.

FUENTE DE RADIACIÓN.

Se debe indicar todos los datos técnicos del equipo y fuente de radiación; para los Rayos Gamma los datos más importantes son :

- El tipo de radioisótopo (Iridio 192 u otro).

- El tamaño o punto focal, la actividad (curies) máxima y mínima a utilizar, el empleo de colimador para reducir el haz de radiación y evitar que el personal absorba dosis peligrosas de radiación y la marca del equipo.

PELÍCULA RADIOGRAFICA.

Ha de señalarse la clase ASTM-E 94 de película empleada (clase Y, II ó III), la marca comercial y el tipo de la misma (Kodak AA, Kodakax, Dupont 70, etc), si es en rollo o en longitudes precortadas y su ancho.

TÉCNICA DE EXPOSICIÓN.

Debe especificarse cual será la técnica de exposición ya sea (a) exposición de pared sencilla como es el caso en tanques de almacenamiento o tuberías, colocando las fuentes de rayos gamma al centro; (b) Exposición de pared doble con interpretación de pared sencilla; como sucede en tuberías colocando la fuente por fuera y radiografiando solo el 33% del perímetro; (c) Exposición de pared doble con interpretación de pared doble, cuando la fuente se coloca fuera del tubo y a tal ángulo y distancia que en una sola placa se proyecta toda la soldadura en forma de óvalo. A continuación se observa un esquema de la técnica de doble pared, técnica que se usó ampliamente en la Central Térmica Trinitaria para las radiografías de las juntas de tubería. *Ver figura 3.7.1*.

TIEMPO DE EXPOSICIÓN.

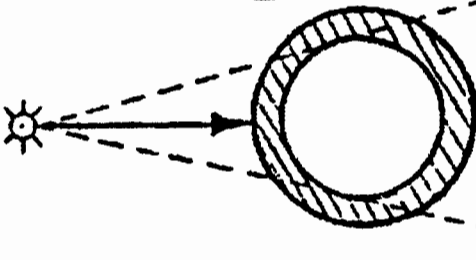
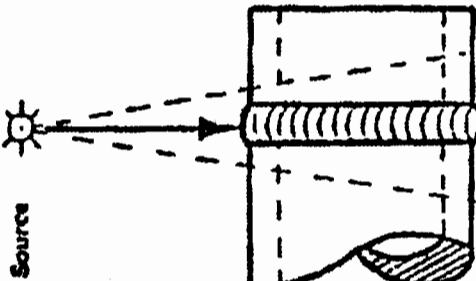
Pipe O.D.	Exposure Technique	Radiograph Viewing	Source-Weld-Film Arrangement		IQI		Location Marker Placement
			End View	Side View	Selection	Placement	
3/4 in. or Less	Double-Wall: T-271.2(b)(2) at Least 3 Exposures at 60 deg. or 120 deg. to Each Other for Complete Coverage	Double-Wall: Read Superimposed Source Side and Film Side Images			T-276 and Table T-276	Source Side T-277.1(a)	Either Side T-275.2

Fig. 3.7.1
 TECNICA RADIOGRAFICA DE DOBLE PARED
 (REF.8)

Se debe señalar el tiempo de exposición requerido. Como este tiempo es variable según vaya decayendo la fuente de rayos gamma, se señalará el tiempo de exposición para la actividad de la fuente en ese momento y para el espesor con que se vaya a empezar a trabajar. Cabe destacar que para cada espesor existirá un tiempo de exposición correspondiente.

PROCESADO DE PELÍCULA.

Se debe especificar si la técnica de procesado es automática o manual y en este último caso si se emplea carrete o colgador.

Además se informa acerca de la marca de los líquidos, si se revela a temperatura ambiente o se controla la temperatura y de que manera.

Se debe indicar los tiempos de revelado, fijado y enjuague para la temperatura a que se puede empezar a trabajar.

CRITERIO DE INTERPRETACIÓN.

Especificar que código y que partes del mismo han de utilizarse para juzgar la aceptabilidad de las juntas radiografiadas.

GEOMETRÍA DE LA EXPOSICIÓN.

Se debe hacer un gráfico donde se señale con todo detalle la disposición, distancias y ángulos entre la fuente de radiación, parte radiografiada y película.

También se debe aclarar la orientación de la soldadura con las demás partes del

conjunto y como se numeran las diferentes exposiciones de una misma soldadura (Ref. 8).

3.7.1. CALIFICACIÓN DEL PERSONAL DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.

Este procedimiento tiene como propósito determinar las medidas que aplicará el DCCS para asegurar que el servicio de inspección radiográfica cumpla con los requerimientos mínimos de calidad que se necesitan para el aseguramiento de la misma.

Además verificar que el procedimiento de revisión y calificación se aplica a todo el personal de ensayos no destructivos y también a las unidades radiográficas.

Para las unidades radiográficas se debe hacer la revisión antes de que inicien las labores en la obra y luego cada mes.

Para los técnicos radiográficos se les aplicará pruebas de calificación antes de ser aceptados en la inspección radiográfica de soldaduras.

CALIFICACIÓN DE LOS TÉCNICOS.

El técnico radiográfico responsable de la unidad de inspección debe tener conocimientos y experiencias que cubran los requisitos señalados para su nivel. El DCCS debe verificar lo anterior aplicando las siguientes pruebas

de calificación : a) Examen general ; b) Examen específico ; c) Examen práctico.

Examen General .- El DCCS aplicará al técnico encargado de la Unidad Radiográfica un examen escrito de una serie de preguntas relacionadas con principios básicos, aplicaciones, técnicas y procedimientos generales de inspección radiográfica.

Examen Específico.- El DCCS aplicará al técnico encargado de la Unidad Radiográfica una serie de preguntas relacionadas con las técnicas ,procedimientos y equipos específicos que se han de utilizar en la inspección radiográfica de soldaduras.

Examen Práctico .- El técnico encargado de la unidad radiográfica deberá tomar una placa de cada una de las siguientes probetas con soldadura :

- 1.- Tubo de no menos de 12” de diámetro.
- 2.- Tubo de menos de 4” de diámetro.
- 3.- Placa de 17” de longitud y no menos de 1/2” de espesor.

Debe ser capaz de tomar en un tiempo normal placas radiográficas que cumplan con todos los requisitos de calidad, tanto en su exposición como en su procesado. Debe demostrar conocimiento y destreza en el manejo de todos los equipos y materiales usados.

Para aprobar el examen debe obtener no menos del 80% de aciertos, en el examen práctico debe demostrar conocimientos, destreza y experiencia suficiente.

CALIFICACIÓN DE LAS UNIDADES.

Las unidades radiográficas deben ser revisadas para verificar que cuentan con el equipo, materiales y demás elementos para trabajar conforme a las especificaciones técnicas del contrato.

La revisión se debe realizar antes de autorizar a la unidad radiográfica iniciar las labores y luego de cada mes. No será aceptada la unidad radiográfica que esté deficientemente equipada a tal grado que no permita un trabajo de buena calidad, de rendimiento aceptable o que no reúna condiciones de seguridad. *Ver el formato 7*

3.7.2. REVISIÓN Y CALIFICACIÓN DE RADIOGRAFÍAS Y REPORTE.

El propósito de este procedimiento es el de establecer los lineamientos técnicos que el personal del DCCS debe considerar en la revisión y calificación del trabajo de inspección radiográfica.

Esta inspección se la aplicará a todos los reportes y radiografías tomadas ya sea con rayos X o con rayos Gamma y en cualquier tipo de obra.

IDENTIFICACIÓN DE LAS RADIOGRAFÍAS.

FORMATO 7

REVISION DE UNIDAD RADIOGRAFICA			
Lugar.....	Fecha.....	Contrato N°.....	
Compañía.....		Técnico	
PUNTOS REVISADOS	Bien	Acept. Mal	OBSERVACIONES
Vehículo Automotor			
Laboratorio Móvil			
Caseta Fija			
Planta de Luz			
Contenedor de Reel			
Tanques de Soluciones			
Lámpara de Seguridad			
Termómetros			
Carrete o Colgadores			
Cassetes Portapelículas			
Penetrametros			
Números y Letras de Plomo			
Megatoscopio Ajustable			
Densitómetro			
Contador Geiger			
Monitor de Alarma			
Placa de Dosimetría			
Película Radiográfica			
FUENTE RADIATIVA.....	No de Serie.....	Actividad.....	
Isotopo.....			
EQUIPO DE RAYOS X			
RESULTADO:	ACEPTADA.....	RECHAZADA.....	



Cada placa radiográfica debe mostrar una identificación completa y positiva. No se aceptarán radiografías que no muestren por sí mismas a que soldadura corresponden. Se considera identificación a las protecciones radiográficas que no son producidas por la soldadura o el metal base, sino que se producen interponiendo letra y números de plomo en el haz de radiación.

La identificación tiene como propósito relacionar la placa radiográfica con el tramo de soldadura que se tomó, que soldadura es, cual es la obra o proyecto así como cualquier otro dato de tipo general.

PROCESADO DE LAS RADIOGRAFÍAS.

Debe revisarse que las radiografías no presente defectos causados por un deficiente procesado en laboratorio. Estos defectos pueden ser entre otros : quebraduras, rayones, velo parcial o total, manchas químicas, marcas por pantallas defectuosas, marcas de escurrido de líquidos, películas con defectos de fábrica, etc.

PENETRAMETROS.

Para comprobar que la técnica radiográfica ha sido capaz de detectar aquellos defectos de dimensión, sea del 2% más del espesor del material, se debe recurrir a la imagen del penetrámetro.

Debe apreciarse perfectamente el contorno del penetrámetro, su número de identificación y deben apreciarse los agujeros o por lo menos el agujero esencial. Debe verificarse que el penetrámetro empleado sea el correspondiente a el espesor de soldadura, según el código aplicado.

Por ningún motivo debe aceptarse radiografías en que no se haya usado penetrámetro o cuando este no se aprecie como es requerido.

PRESENTACIÓN.

Las radiografías se deben presentar perfectamente secas, recortadas en sus extremos y esquinas y todas de igual tamaño.

Deben estar ordenadas en la misma secuencia que en el reporte y dentro de un sobre apropiado de papel manila con el membrete de la compañía y todos los datos acerca de su contenido.

ACEPTACIÓN DEL TRABAJO.

Se debe verificar que los defectos que se aprecien en las radiografías estén señalados en el reporte radiográfico y que aquellos que exceden los límites de aceptabilidad se les considere fuera de código.

La revisión de todos los puntos anteriores es un proceso que debe ejecutarse en forma rápida y sistemática.

Si durante esta revisión todos los puntos cumplen a satisfacción se da por recibidas las radiografías y el reporte.

3.7.3. DOCUMENTACIÓN Y CONTROL DE LA INSPECCIÓN DE SOLDADURA.

El propósito de este procedimiento es señalar los lineamientos para que todas las actividades de inspección de soldadura queden perfectamente documentadas y sus resultados sean fácilmente comprensibles en todas las áreas involucradas.

PRESENTACION DE RESULTADOS.

Los resultados de la inspección radiográfica que aparecen en el reporte presentado por la compañía de Inspección, una vez revisado y aceptado, deben presentarse en un formato que deberá elaborar el DCCS (se muestra un ejemplo en el *formato 8*). De esta manera se pretende llevar ordenadamente los resultados de inspección de cada soldadura.

CONTROL DE REPARACIONES.

Aquellas soldaduras que han resultado defectuosas y que requieran reparación, además de vaciarse en el formato de control radiográfico, se las deberá vaciar en otro formato elaborado especialmente para ese caso; esto se lo hace, con la finalidad de tener un resumen de las reparaciones

que se han hecho en la obra y cuantas quedan pendientes por ejecutar. *Ver formato 9.*

CERTIFICACIÓN DE CALIDAD.

Se entiende por certificación de calidad, al testimonio escrito y firmado por un responsable técnico debidamente autorizado de que las soldaduras inspeccionadas de acuerdo a los requerimientos señalados por el código aplicable, han resultado aceptable según los criterios de dicho código.

Esta certificación se la hará en un formato (*Formato 10*), y la firmará el jefe del DCCS.

FORMATO 9

CONTROL DE REPARACIONES

LUGAR O PROYECTO: _____

OBRA: _____

Junta o Vena	Plaza N°	Inspección Inicial		1o. Reparación		2o. Reparación		3o. Reparación	
		Fecha	Rep. N° Defecto(s)	Rep. N°	Result.	Rep. N°	Result.	Rep. N°	Result.

FORMATO 10

CERTIFICACIÓN DE CALIDAD

LUGAR _____ FECHA: _____

PROYECTO: _____

Los Trabajos de Soldadura en la Obra _____

Han sido inspeccionado conforme a los requerimientos del código: _____

Con las siguientes técnicas:

Inspección Visual _____

Inspección Radiográfica _____

Inspección Ultrasónica _____

Inspección con Líquidos Penetrantes _____

Inspección con Partículas Magnéticas _____

Otros _____

Los Operarios Soldadores especialistas fueron calificados y controlados conforme a los requerimientos del código _____

Todas las soldaduras con defectos fueron reparadas satisfactoriamente; por lo cual CERTIFICAMOS que la sanidad de las soldaduras está dentro de los límites de aceptabilidad del código.

Atentamente,

Jefe de Control de Calidad de Soldadura



CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES

- 1.- El aseguramiento de la calidad en lo referente a los aspectos técnicos, facilita a las compañías involucradas con procesos de producción entregar trabajos con altos niveles de aceptabilidad y permite al área administrativa ser más eficientes en sus procedimientos internos.
- 2.- Para efectuar soldaduras de alta calidad es necesario respetar cada detalle especificado en el procedimiento de soldadura, el cual ha sido calificado de acuerdo a lo escrito en el código ASME sección IX.

RECOMENDACIONES.

1. Se recomienda a los miembros de un equipo de control de calidad, tener muy claro cuales son sus funciones específicas y sus alcances dentro del proyecto.
2. Para una buena planificación del avance de la obra, es recomendable reuniones periódicas entre los miembros del equipo de control de calidad y los del equipo de montaje.
3. Antes de colocar a un soldador en un frente de trabajo, se recomienda verificar si el procedimiento ha sido aprobado, si el soldador ha sido calificado en tal procedimiento y si cuenta con todos implementos, equipos, materiales y herramientas que el procedimiento calificado demanda.
4. Se recomienda que los supervisores del departamento de control de calidad lleven siempre a mano una copia del procedimiento de soldadura que se esté ejecutando, con la finalidad de aclarar cualquier duda.
5. Antes de iniciar la soldadura de la junta, se recomienda tener precaución con las temperaturas de precalentamiento, de acuerdo con el código ASME Sección I.
6. En lo relacionado a materiales base y materiales de aporte a utilizarse en las partes a presión de una caldera, se recomienda elegirlos de acuerdo a lo estipulado en el código ASME sección I.

BIBLIOGRAFIA.

1. EL CRIEEL, Informativo del Colegio Regional de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos del Litoral . Año 3 - No 4 (Julio-Agosto / 1996).
2. BABCOCK & WILCOX, Planos de Fabricación y Montaje de tuberías a presión, 1995.
3. MARKS, Manual del Ingeniero Mecánico, Vol. II, 1994.
4. ASME, American Society Mechanical Engineers, Sección I, 1992.
5. ASME, Sección II, 1992.
6. AWS, American Welding Society, Sec. A5.5, 1974.
7. ASME, Sección IX, 1992.
8. ASME, Sección V, 1992.