



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica



**" PROCEDIMIENTOS DE CONTROL E INSPECCION
APLICADOS EN LA FABRICACION DE TUBERIAS
METALICAS PARA UN ACUEDUCTO "**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

MARIA DEL PILAR LOOR PLUA



GUAYAQUIL

AÑO

ECUADOR

1996

AGRADECIMIENTO

Al Ing. **OMAR SERRANO V.**

Director de Tesis, por su ayuda y colaboración para la ejecución de este trabajo.

A todas las personas que directa e indirectamente han colaborado en la elaboración y culminación del mismo.

DEDICATORIA



A DIOS, A MIS PADRES y
HERMANOS por su apoyo
constante durante mis años
de estudio.

DECLARACION EXPRESA

“ La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta Tesis , corresponden exclusivamente a su autor, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado corresponderá a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL “

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la Espol)



Maria Pilar Loor Plua

.....
MARIA DEL PILAR LOOR PLUA.

.....

DR. ALFREDO BARRIGA

Decano de la Fac. Ing. Mec.

.....

ING. OMAR SERRANO

Director de Tesis

.....

ING. JULIAN PEÑA

Miembro del Tribunal

.....

ING. EDMUNDO VILLACIS

Miembro del Tribunal

RESUMEN

En el presente trabajo se elabora un procedimiento de Control e Inspección para la fabricación de tuberías metálicas para un Acueducto. Las normas y especificaciones aplicables son: ASTM (Sociedad Americana de Ensayos y Materiales), AWWA (Sociedad Americana para trabajos con agua), ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos) y Norma ISO 9000. Adicionalmente se utilizan los Planos de Fabricación de Tuberías del Proyecto Plan Hidráulico ACUEDUCTO SANTA ELENA.

Se ha adaptado un programa de Inspección al proceso de fabricación de tuberías metálicas para un Acueducto que incluye la fabricación y control de planos para taller, elaboración tanto del Procedimiento de Soldadura y Ensayos No Destructivos a aplicarse, y calificación de soldadores y operadores. Además se designará el personal de control e Inspección.

Se analizará la inspección de todo el proceso de fabricación desde la recepción de las planchas, hasta la liberación de las tuberías. La inspección de la calidad de las uniones soldadas será hecha mediante método Visual, Líquidos Penetrantes, Ultrasonido y Radiografía, presentándose los criterios de aceptación y rechazo de las uniones inspeccionadas. Finalmente, se analizará el control de reparaciones en el caso de que fuera necesario hacerlo y el despacho de las tuberías.



INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN.....	Vi
INDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE PLANOS.....	X
INDICE DE TABLAS.....	XI
INDICE DE ABREVIATURAS.....	XIII
INDICE DE FORMATOS.....	XV
INTRODUCCION.....	XVI
I. CONSIDERACIONES PRELIMINARES	
1.1 Descripción General del Proceso de Fabricación.....	18
1.2 Análisis del Programa de Puntos de Inspección.....	22
1.2.1 Normas Técnicas.....	26
1.2.2 Especificaciones Contractuales.....	27
1.2.3 Planos y Detalles de Fabricación.....	42
1.2.4 Tolerancias.....	44
1.2.5 Aseguramiento de Calidad.....	48
II. ADAPTACION DE UN PROGRAMA DE INSPECCION AL PROCESO DE FABRICACION.	
2.1 Verificaciones previas a la fabricación.....	53
2.1.1 Control de Planos de Fabricación.....	53

2.1.2	Elaboración y Calificación de Procedimientos de Soldadura.....	56
2.1.3	Calificación de Soldadores y Operadores de Soldadura.....	80
2.1.4	Elaboración de Procedimientos de Ensayos No Destructivos.....	86
2.1.5	Calificación del Personal de Ensayos No Destructivos.....	101
2.1.6	Designación de Personal de Control e Inspección General.....	103

III. CONTROL DE CALIDAD DE FABRICACION.

3.1	Revisión de Marcas de Identificación de Planchas.....	106
3.2	Control dimensional previo y post - corte.....	109
3.3	Conformado de Virolas.....	112
3.4	Control de Soldaduras Longitudinales.....	119
3.5	Acoplamiento entre Virolas: Control de Separación y Alineación.....	122
3.6	Control de Soldaduras Circunferenciales.....	125
3.7	Inspección de Soldaduras.....	126
3.7.1	Visual.....	128
3.7.2	Ultrasonido.....	132
3.7.3	Radiografía.....	135
3.7.4	Líquidos Penetrantes.....	149
3.8	Control de Reparaciones.....	152
3.9	Acabado Superficial.....	157
3.9.1	Limpieza.....	157
3.9.2	Recubrimiento.....	159
3.10	Inspección Final y Despacho de la Tubería.....	164

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	167
ANEXO A.....	169
ANEXO B.....	172
BIBLIOGRAFIA.....	175

INDICE DE PLANOS

No.	Descripción
1.	Plano de diseño de Sifón Romano
2.	Plano de diseño de Tubería de Impulsión
3.	Plano de taller de Sifón Romano
4.	Plano de taller de Tubería de Impulsión

INDICE DE TABLAS

No.	Descripción	Pág.
I.	Características del Acero ASTM A - 6	31
II.	Características del Acero ASTM A - 515	32
III.	Datos de Producción: Soldadura Arco Sumergido	57
IV.	Variaciones Típicas de Corriente para electrodos de Acero dulce	59
V.	Propiedades Mecánicas Típicas de electrodos	60
VI.	Parámetros para el proceso (SMAW)	61
VII.	Parámetros para el proceso (SAW)	62
VIII.	Temperaturas mínimas de precalentamiento y entre pasadas	64
IX.	Temperaturas aproximadas de precalentamiento y entrepases basadas sobre el % de Carbono equivalente	65
X.	Número y tipo de probetas a ensayar y rango de espesores calificados. Calificación de procedimiento	73
XI.	Clasificación de electrodos revestidos para soldadura de arco	82
XII.	Posición y tipo de soldadura que se califica	83
XIII.	Números y tipos de probetas a ensayar y rango de espesores calificados. Calificación de soldadores	84
XIV.	Rango de densidad radiográfica	95
XV.	Indicador y orificio esencial que se observa en una radiografía en función del espesor del material	96
XVI.	Tipos de materiales que pueden ser usados para inspecciones con líquidos penetrantes	99

XVII.	Corte de Oxacetileno	111
XVIII.	Inspección visual de uniones soldadas	131
XIX.	Características y representación de propiedades de revestimientos	160



INDICE DE ABREVIATURAS.

AMP	Amperios.
ASME	Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos.
ASTM	Asociación Americana para pruebas de Materiales.
AWWA	Asociación Americana para trabajos con agua.
AWS	Asociación Americana de Soldadura.
C	Carbono.
°C	Grados Centígrados.
Ceq	Carbono equivalente.
Cm	Centímetros.
DAC	Curva Distancia Amplitud.
°F	Grados Fahrenheit.
Gr.	Grados.
Hr .	Hora.
In.	Pulgadas.
Inc.	Incluído.
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización.
Lb.	Libras.
Lbf	Libra - fuerza.
Max.	Máximo.
Mn.	Manganeso.

Min.	Mínimo.
Mm	Milímetros.
P	Fósforo.
Plg.	Pulgadas.
PQR.	Calificación del procedimiento de soldadura.
S	Azufre.
Si	Silicio.
SAW	Soldadura de arco Sumergido.
SMAW	Soldadura de arco metálico protegido.
WPS	Especificación del procedimiento de soldadura.



INDICE DE FORMATOS

No.	Descripción	Pág.
1	Especificación del Procedimiento de Soldadura (SMAW).....	67
2	Especificación del procedimiento de Soldadura (SAW).....	69
3.	Especificación de Calificación de Soldadura (SMAW).....	76
4.	Especificación de Calificación de Soldadura (SAW).....	78
5	Certificado de Ensayos de Calificación de Soldadores.....	85
6.	Registros de Chapas liberadas.....	108
7.	Informe de Inspección Ultrasónica para Sifón.....	136
8.	Informe de Inspección Ultrasónica para Tubería de Impulsión.....	139
9.	Informe de Inspección Radiográfica para Sifón.....	143
10.	Informe de Inspección Radiográfica para Tubería de Impulsión.....	146
11.	Informe para Reinspección Radiográfica.....	154

INTRODUCCION

Uno de los principales factores para el funcionamiento correcto de una organización es la calidad de sus productos y servicios. En los últimos años ha existido una tendencia mundial, por parte de los consumidores, hacia requisitos más exigentes en relación con la calidad. Acompañando esta tendencia ha habido una creciente toma de conciencia, en el sentido de que para la obtención de buenos rendimientos económicos es necesario, con frecuencia un continuo mejoramiento de la calidad.

Las especificaciones técnicas en las cuales se basa este trabajo no pueden, por sí solas, garantizar que los requisitos exigidos para la fabricación de tuberías se cumplirán sistemáticamente. Por ello el objetivo de este trabajo es establecer las líneas directrices para elegir y utilizar las normas de sistemas de calidad y todas las normas existentes para la fabricación de tuberías, que se puedan usar para propósitos de aseguramiento de su calidad.

La manera de garantizar que se está cumpliendo con todos los requisitos de fabricación es mediante la elaboración de un Programa de Puntos de Inspección, el mismo que debe cumplirse rigurosamente en todas las etapas de fabricación y evita que en puntos posteriores la tubería tenga que ser rechazada.

La calificación de Procedimientos de Soldaduras y Ensayos No Destructivos, así como también la selección de soldadores, operadores y resto de personal que realiza el control de calidad es una garantía que la tubería va a tener un comportamiento adecuado en servicio.



CAPITULO I

CONSIDERACIONES PRELIMINARES.

1.1 DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO DE FABRICACION.

Las tuberías metálicas consideradas son destinadas para dos funciones: como sifones y como tuberías de impulsión. Los sifones son usados en lugares donde no es posible el uso de canales, como son las montañas; y las tuberías de impulsión como su nombre lo indica son usadas en los lugares de donde es extraída el agua.

El proceso de fabricación es el mismo en ambas, con la diferencia que el control de las uniones soldadas va a ser realizado en diferentes porcentajes. Para el proceso de fabricación de tuberías metálicas, se elabora el diagrama de producción que se ilustra en la fig. 1.1

El proceso de fabricación comienza con el corte de las planchas; las medidas a las cuales deberán ser cortadas dichas planchas será de acuerdo a su función. Las medidas para cada uno de estos casos vienen determinados en los planos correspondientes # 1 y # 2.

Antes de la formación de los bordes longitudinales, se procede a pre-curvar la plancha por medio de proceso continuo o se debe prensar de manera conveniente, según el radio del propio tubo. Este trabajo debe ser realizado en una máquina

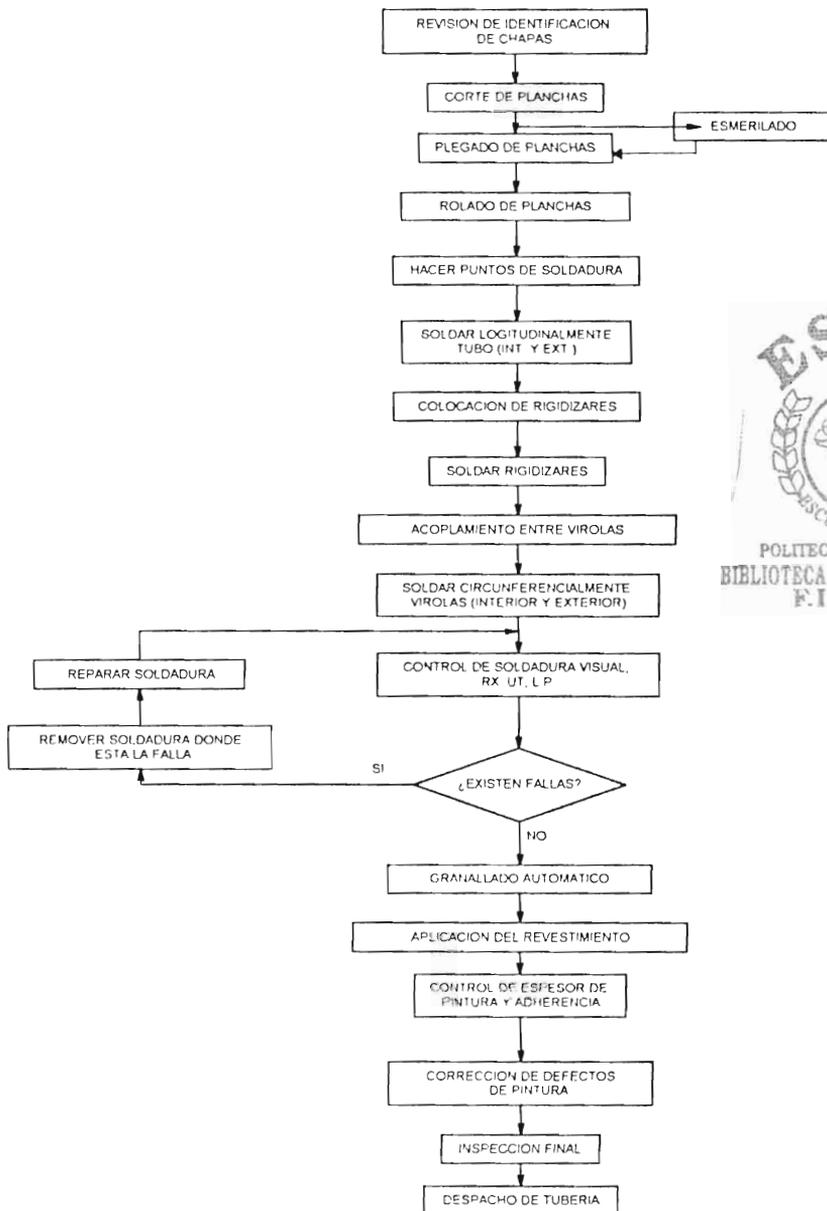


Fig. 1.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACION DE TUBERIAS METALICAS

plegadora . La presión que se ejerce durante la prensa debe ser suficiente para garantizar una curva exacta y uniforme en los bordes de las planchas.

La formación de las virolas se hace a través del rolado. Este proceso debe ser realizado de tal manera que se garantice que la virola formada va a tener el diámetro deseado. Para ambos caso del rolado o prensado se debe remover continuamente los cuerpos extraños acumulados durante el proceso.

Después del rolado se puede emplear la soldadura por puntos para retener los bordes en una posición alineada, siempre que el espesor de la misma se funda completamente y se incorpore en el cordón de soldadura final, sin perjudicar su resistencia.

El siguiente paso del proceso consiste en realizar la soldadura final a lo largo de la longitud del tubo . Pero antes de iniciarse la soldadura, se debe limpiar completamente las superficies del tubo, removiéndose las escamas y la herrumbre por medio mecánico adecuado. Esta soldadura longitudinal deberá ser realizada de manera automática y debe ser interior y exterior.

Si el diseño de fabricación lo especifica serán incorporados a los tubos unos rigidizadores, los cuales deben ser soldados a los mismos con un ángulo exacto de 90° en relación al eje de la tubería.

Con el objetivo de obtener la longitud deseada de diseño de fabricación se

procede a unir tubos hasta obtener dicha longitud. El acoplamiento de estos tubos debe realizarse de acuerdo como se especifica en el diseño de fabricación por medio de un bancal acoplador, el mismo que previamente ha sido alineado. Una vez que están acoplados debidamente, se procede a soldar radial interior y exteriormente.

Todas las soldaduras deben tener fusión completa con el metal de base y no deben presentar grietas, óxidos, adherencia de escorias ni porosidades. Para garantizar la calidad de soldadura se hace un control de la misma; este control tiene que ser: visual, líquidos penetrantes, ultrasonido y radiografía industrial. El porcentaje de control de calidad a realizarse en este control dependerá si se trata de un sifón o de una tubería de impulsión.

Las soldaduras deficientes serán corregidas cumpliendo con el Código ASME. Cuando se encuentre una soldadura deficiente, en cuanto a su calidad, se debe remover la misma por medio del proceso adecuado y se la debe efectuar totalmente de nuevo.

Todos los tubos deberán ser revestidos interna y externamente. El sistema consiste de una pintura base constituida por dos componente químicos líquidos inhibitorios de la herrumbre y una o más capas del epoxy líquido para la pintura de acabado. (Ref.1).

El primer paso para realizar el revestimiento constituye la preparación de la

superficie, la misma que consiste en limpiar la superficie de los tubos, fregándola con paños limpios empapados de disolvente a base de alquitrán de hulla. La limpieza de la superficie se realizará mediante chorros de arena, escoria de cobre o granalla metálica hasta conseguir una superficie libre de óxidos, escamas, depósitos sólidos, gotas de soldaduras, etc.

La pintura base se debe aplicar inmediatamente después del tratamiento con los chorros. Los tiempos mínimos y máximos entre la aplicación de la pintura base y la pintura de acabado corresponderán a las indicaciones del fabricante. El acabado debe realizarse de tal manera que no queden arrugas, ampollas, depresiones o vacíos.

El proceso final consiste en colocar a los tubos marcas de identificación para montaje en obra, las mismas que serán hechas a través de grabado, conteniendo las siguientes informaciones: fecha de fabricación, número de serie en la fabricación, espesor nominal. Por último se procede al despacho de las mismas.

1.2 ANALISIS DEL PROGRAMA DE PUNTOS DE INSPECCION.

Con el fin de asegurar la calidad de fabricación de las tuberías es necesario elaborar un programa de inspección que debe prevalecer durante toda la etapa del proceso de fabricación. El programa de inspección que se presenta a continuación está dividido por etapas e inspección final previstos en códigos que determinan la importancia de cada una de estas etapas, y son los siguientes:

		PROGRAMA DE- INSPECCION		
ITEM	ETAPA DE FABRICACION	INSPECCION Y PRUEBAS	NORMA Y/O ESPECIFICACION	CODIGO
I.1	FABRICACION	MARCAS DE IDENTIFICACION DE CADA CHAPA RESPECTO A SU CERTIFICADO	PROCEDIMIENTOS VER NOTA No. 2	R
I.2		PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURAS	ASME IX AWS	R
I.3		CALIFICACION DE SOLDADURA	ASME IX AWS	R
I.4		PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (LP, UT, RX).	ASME V	R
I.5		CALIFICACION DE OPERADORES DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	SNT- TC-1A	R
I.6		CONFORMADO DE VIROLAS	PLANOS	A
I.7		PREPARACION DE BISELES LIMPIEZA Y DIMENSIONES	PLANOS Y PROCEDIMIENTOS	A
I.8		PRESENTACION PARA SOLDADURA, SEPARACION, ALINEACION Y EMBRIDADO	PLANOS	A
CODIGOS		A = PUNTO DE AVISO R = REVISION DE DOCUMENTACION P = PUNTO DE PARADA		

		PROGRAMA DE INSPECCION		
ITEM	ETAPA DE FABRICACION	INSPECCION Y PRUEBAS	NORMA Y/O ESPECIFICACION	CODIGO
2		EXAMEN VISUAL DE ACABADO DE SOLDADURA (POROS, ESCORIAS, MORDEDURAS Y GRIETAS)	ESPECIFICACION	P
2.1	SOLDADURA			
2.2	ACABADA	CONTROL DIMENSIONAL DE SOLDADURAS (SOBRESPEORES, RECHUPES, DESALINEACIONES GARGANTAS Y FALTAS DE PENETRACION)	ESPECIFICACION	P
2.3	SOLDADURAS BIMETALICAS.	100% DE LIQUIDOS PENETRANTES	ASME VIII	P
2.4	SOLDADURA ANGULAR	15% DE LIQUIDOS PENETRANTES	ASME VIII	A
2.5	SOLDADURAS ANGULARES CON PENETRACION TOTAL	20% DE ULTRASONIDO	ASME VIII	A P
CODIGOS: A = PUNTO DE AVISO R = REVISION DE DOCUMENTACION P = PUNTO DE PARADA				



PROGRAMA DE INSPECCION				
ITEM	ETAPA DE FABRICACION	INSPECCION Y PRUEBAS	NORMA Y/O ESPECIFICACION	CODIGO
2.12	PINTURA	LIMPIEZA GRADO SAE 2,5 EXTERNO SAE 3 INTERNO	SIS 055900	A
2.13		PINTURA (CALIDAD ESPEORES,ADHERENCIA Y RUGOSIDAD FINAL).	ESPECIFICACION Y PROCEDIMIENTO AWWA-C-210	A
2.14		MARCAS DE IDENTIFICACION PARA MONTAJE DE OBRA	PLANOS	P
CODIGOS : A = PUNTO DE AVISO R = REVISION DE DOCUMENTOS P = PUNTO DE PARADA				

A= Punto de Aviso. El fabricante avisará normalmente con dos días laborables de antelación al Inspector que se va a realizar la fase correspondiente, para lo cual la fabricación no debe pararse.

R= Revisión de Documentación. El fabricante o el Proveedor deben presentar al Inspector los certificados de calidad de materiales, protocolos de pruebas, actas de pruebas, etc, requerida en cada caso.

P= Punto de Parada. El fabricante avisará normalmente con dos días laborables de antelación al Inspector que se va a realizar la fase o prueba correspondiente, la cual podrá proseguir hasta obtener la aceptación de la Inspección.

En casos de divergencias entre este programa de Inspección y los documentos del proyecto que se presentan en las siguientes secciones del capítulo : Planos, nomenclaturas, normas y especificaciones técnicas, emitidas por la ingeniería de producto de la Mecánica Pesada, prevalecerán los últimos. (Ref. 10)

1.2.1 NORMAS TECNICAS

Las normas que se tomarán en consideración en la realización de este trabajo son:

- Código de la Asociación Americana para pruebas de Materiales (ASTM) que tiene como objetivo la promoción del conocimiento de los materiales de Ingeniería y la normalización de las especificaciones y de los procedimientos de ensayo.

- Código de la Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) referente a la elaboración de procedimientos de soldadura y ensayos no destructivos , así como la calificación de soldadores y operadores. Incluyendo criterios para su aceptación o rechazo. (Secciones V, VIII y IX)
- Código de la Asociación Americana para trabajos con agua (AWWA) proporciona procedimientos de fabricación, control e inspección de tuberías metálicas, así como también selección de materiales para las mismas.
- Norma ISO 9000, en especial la 9002 , la cual proporciona los requisitos que debe cumplir un sistema de calidad para prevenir y detectar cualquier incumplimiento de los productos en su fabricación, e implantar los medios necesarios para conseguir estos objetivos.

1.2.2 ESPECIFICACIONES CONTRACTUALES.

Estas especificaciones establecen los requisitos técnicos destinados a la fabricación, pruebas y suministro de los TUBOS DE CHAPAS DE ACERO SOLDADAS con revestimiento interno y externo de protección contra la corrosión.

Los tubos deben constituirse de secciones cilíndricas con un único cordón de soldadura longitudinal, fabricados con planchas de acero, pudiendo aceptarse también, la fabricación a través del método helicoidal. Además, los tubos serán suministrados con rigidizadores externos.



- **Normas Técnicas:** La fabricación, pruebas y suministro deberá obedecer a las normas de la AWWA - American Water Works Association, en especial a la C200/91, Steel Water Pipe 6 in. and Larger, de acuerdo a la última revisión y de conformidad con los planos de diseño.

- **Marcas:** Las marcas de cada tubo se harán a través de grabado, altura 3/8" o 10 mm, y estarán comprendidas por un rectángulo de tinta amarilla, conteniendo las siguientes informaciones:

- fecha de fabricación;
- número de serie en la fabricación;
- espesor nominal.

En la fig. 1.2 se muestra la manera como deben de colocarse las marcas de identificación para los tubos.

- **Diseños de Fabricación:** Los planos de las condiciones típicas de instalación, que acompañan estas especificaciones, definen las exigencias del suministro.

- **Equipos:** Los equipos del Contratista para soldadura, corte a fuego u otras operaciones inherentes a la fabricación y pruebas de los tubos deben ser del tipo standar y de calidad suficiente para garantizar la producción de tubos que atiendan a las exigencias contenidas en estas especificaciones, así como también a la entrega de todos los materiales en los plazos contractuales. Los equipos, en general, deben estar en perfectas condiciones de funcionamiento durante



Fig. 1.2 MARCAS DE IDENTIFICACION EN LOS TUBOS



el período de fabricación de los tubos.

- **Materiales de los tubos:** Las planchas de acero al carbono empleadas en la confección de tubos deben presentar resistencia intermedia a la tracción, de calidad estructural, designadas por ASTM A 36, en el caso de sifones , con tensión mínima de fluencia de 36000 psi y tensión mínima de rotura de 58000 psi.

En el caso de tuberías de Impulsión, de calidad estructural, designadas por ASTM A 515. Las tablas I y II nos presentan ciertas propiedades, composición química, formas y usos principales de estas planchas.

- **Pruebas de funcionamiento del sistema:** El contratista deberá realizar las pruebas del funcionamiento del sistema en operación normal, llenado y vaciado. para tal efecto se presentarán las correspondientes metodologías, así como el proceso de ejecución de las pruebas, que deberán ser aprobadas por la Fiscalización y estarán bajo su supervisión.

- Disposiciones Basicas de Fabricación:

a) Secciones cilíndricas de los tubos de acero:

Los bordes de las planchas a ser unidas a través de soldadura deben ser cortados mecánicamente en la forma exigida para el proceso de soldadura especial. Si los bordes son cortados con soplete oxiacetileno, como en este caso, se deben

TABLA I
CARACTERISTICAS DEL ACERO ASTM A-36 (REF. 2)

TIPO	ALTA RESISTENCIA , BAJA ALEACION						
ASTM #	A - 36						
RESISTENCIA A TENSION (KSI)	58 - 80						
PUNTO FLUENCIA, MIN (KSI)	36						
USO PRINCIPAL	CONSTRUCCIONES SOLDADAS, REMACHADAS ATORNILLADAS						
FORMA	PLANCHAS , BARRAS						
COMPOSICION QUIMICA	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;">0.25 - 0.29 %C</td> <td style="width: 33%;">0.15 - 0.30 % SI</td> <td style="width: 33%;">0.04 % Pmax</td> </tr> <tr> <td>0.6 - 1.20%Mn</td> <td>0.5 % S</td> <td>OTROS</td> </tr> </table>	0.25 - 0.29 %C	0.15 - 0.30 % SI	0.04 % Pmax	0.6 - 1.20%Mn	0.5 % S	OTROS
0.25 - 0.29 %C	0.15 - 0.30 % SI	0.04 % Pmax					
0.6 - 1.20%Mn	0.5 % S	OTROS					

TABLA II

CARACTERISTICAS DEL ACERO ASTM A-515 (REF.2)

ASTM	515						
GRADO	55						
RESISTENCIA A TENSION (KSI)	55 - 75						
PUNTO DE FLUENCIA ,MIN (KSI)	30						
USO PRINCIPAL	RECIPIENTES A PRESION, TRABAJOS DE TEMPERATURAS INTERMEDIAS Y ALTAS						
FORMA	PLANCHAS						
COMPOSICION QUIMICA	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;">0.20 - 0.28 %C</td> <td style="width: 33%;">0.15 - 0.30 % Si</td> <td style="width: 33%;">0.035% Pmax</td> </tr> <tr> <td>0.90 % Mn max</td> <td>0.04 % S max</td> <td>OTROS</td> </tr> </table>	0.20 - 0.28 %C	0.15 - 0.30 % Si	0.035% Pmax	0.90 % Mn max	0.04 % S max	OTROS
0.20 - 0.28 %C	0.15 - 0.30 % Si	0.035% Pmax					
0.90 % Mn max	0.04 % S max	OTROS					

remover todas las irregularidades y escamas provenientes del corte por medio de esmerilado. Se permitirá el uso del soplete, siempre que se realice la remoción del metal quemado, escamas e irregularidades, con el empleo de un esmeril.

Las dimensiones y geometría de los bordes de las planchas a ser unidas por medio de soldadura y el espaciamiento entre los bordes en posición de soldadura, han de permitir fusión y penetración completas.

Antes de la formación de los bordes longitudinales, se deben pre - curvar todas las planchas por medio de proceso continuo o se deben prensarlas de manera conveniente, según el radio del propio tubo. No se permitirá la utilización de martillos, ya sea para arreglar la conformación de las extremidades o para corregir deformaciones.

Se deben remover continuamente las escamas y los cuerpos extraños que se acumulen durante el proceso de formación de las virolas a través del rolado o prensado.

b) Rigidizadores:

Para evitar el colapso de las tuberías serán utilizados rigidizadores de acero al carbono ASTM - A36 para sifones y acero al carbono ASTM - A 515 para tuberías de impulsión.



c) Preparación de la superficie:

Antes de iniciarse la soldadura, se deben limpiar completamente las superficies de todas las planchas a ser soldadas. Se debe remover la grasa y el aceite con gasolina, solventes u otros medio adecuados. No se permitirá el uso de querosene u otros disolventes más pesados a base de petróleo.

Se deben remover las asperezas de laminación antes del proceso de soldadura.

Se debe realizar la limpieza de los bordes a ser soldados, por aplicación de los medios mecánicos adecuados, de preferencia antes de la unión de las planchas , por puntos de soldadura. En el caso de que la inspección encuentre alguna porosidad en dicha soldadura mayor que la permitida para el cordón final, se deberán remover tales puntos antes de la soldadura.

Cuando fuese necesario efectuar más que una aplicación de soldadura en una misma junta, se deberá remover cualquier aspereza, escoria y otros depósitos de soldadura existente, por medio de una herramienta de corte manual o neumática u otro medio adecuado para evitar que las impurezas se incorporen en el metal de soldadura.

En el caso de que se utilicen juntas de soldadura a tope, se debe tener cuidado especial en el alineamiento de los bordes a ser unidos, para que haya penetración y fusión total en el fondo de las juntas. El desnivel de los bordes adyacentes no debe

exceder 1/16".

d) Soldadura:



Antes de iniciar la fabricación el Contratista debe someter a la aprobación de la Fiscalización las calificaciones de los procesos de soldadura y de soldadores de acuerdo a la sección IX del Código ASME, salvo los métodos que adopten procesos de arco sumergido, gas o electrodos tubulares, los que deben estar de acuerdo con la AWS - SR -1. En la fig. 1.3 se muestra un esquema del proceso de arco sumergido.

La Fiscalización deberá estar presente en la ejecución de las soldaduras en las "Planchas de Calificación de Soldadores" y en las " Planchas de Calificación de Proceso" . A depender de su criterio podrá aceptar la demostración de calificación previa de los métodos de soldadura a ser empleados.

Estas pruebas de calificación deberán presentarse en formulario similar al que se enseña en la Sección VIII del " Código ASME ". Las especificaciones para los métodos de Soldadura serán utilizadas por la Fiscalización para calificar el método de soldadura.

Todas las pruebas de calificación de proceso o calificación de soldadores o cualquier prueba de recalificación deberán ser ejecutadas por un laboratorio de pruebas idóneo, previamente aprobado por la Fiscalización. En todas las

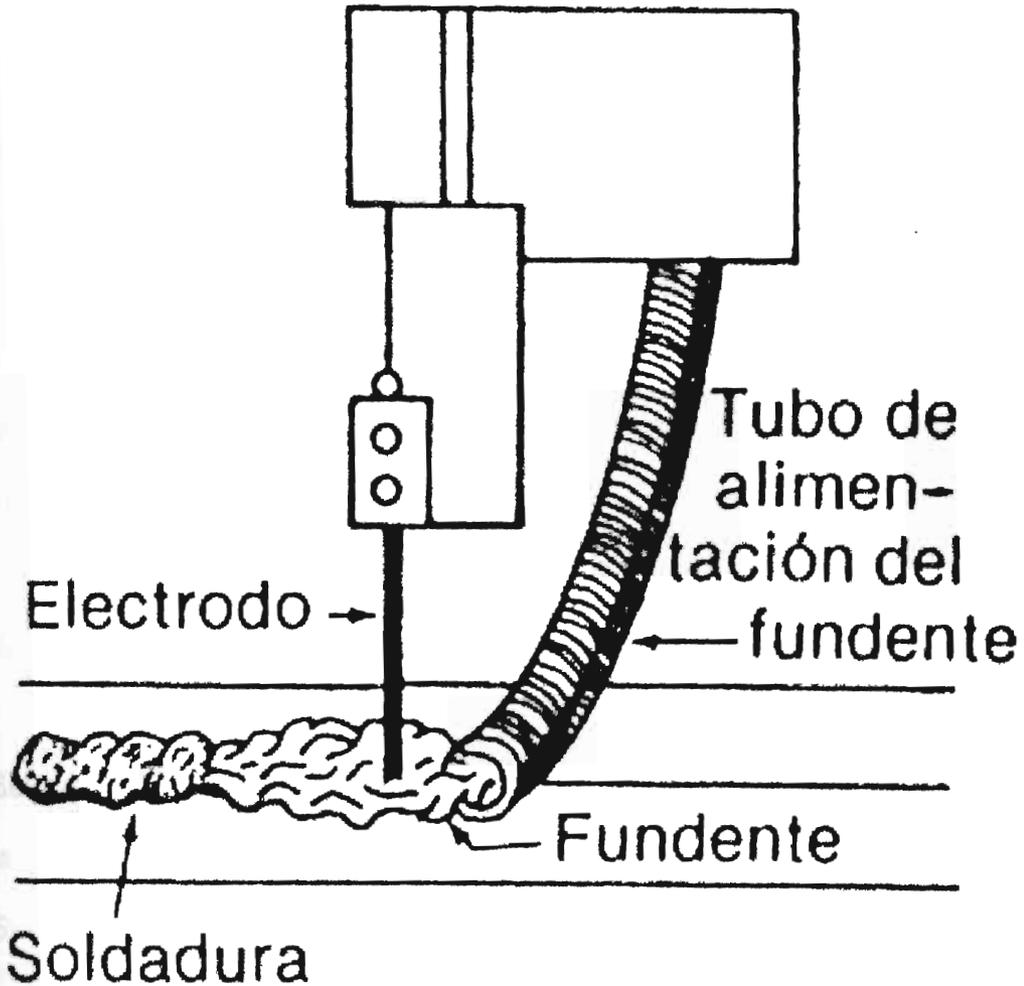


FIG. 1.3 ESQUEMA DEL PROCESO DE ARCO SUMERGIDO (REF. 8)

soldaduras manuales el espesor máximo del cordón para cada aplicación debe ser de 3 mm (3/8").

Se debe golpear con martillo cada aplicación, con excepción de la última, ya sea en soldadura tope o de ángulo para aliviar tensiones y remover impurezas, escorias, antes de realizarse la aplicación siguiente.

Si por cualquier razón la soldadura fuera interrumpida, se debe tener cuidado especial al reiniciarla para que se consiga una penetración completa entre el metal de soldadura, la chapa y el metal de soldadura anteriormente depositado.

e) Revestimiento:

Se revestirán todos los tubos , interna y externamente, según las prescripciones de la norma ANSI/AWWA C - 210-92 (AWWA Standard for Liquid Epoxy Coating Systemens for the Interior and Exterior of Steel Water Pipelines)

- Revestimiento Interior y Exterior: El sistema consiste en la utilización de un "primer" constituido por dos componentes químicos líquidos inhibitorios de la herrumbre y una o más capas del epoxy líquido para la pintura de acabado.

- Materiales de Revestimiento:

a) Pintura de base ("Primer"): el "primer" ha de ser sintético, de rápido secado

produciendo una adherencia eficiente con el metal de base y la pintura subsiguiente de epoxy líquido. El "primer" debe presentar buenas características para que se efectúe su esparcido a rodillo o pulverizador. Además debe presentar tendencia mínima de producir ampollas durante su aplicación. El "primer", cuando se lo aplica según las recomendaciones del fabricante, deberá estar seco al tacto.

b) Pintura de acabado: Se debe utilizar el epoxy líquido , preparado según la norma AWWA C-210, consistiendo en dos partes del epoxy líquido para ser utilizado sobre el primer.

-Aplicación del revestimiento:

La aplicación del revestimiento deberá hacerse de acuerdo a la sección 3 de la AWWA C-210, complementada por informaciones aceptadas del fabricante de los materiales de revestimiento. Las pruebas que deben realizarse a la pintura deberán hacerse de acuerdo a la sección 5 de la AWWA C -210.

f) Pruebas:

a) Pruebas de fabricación: El contratista debe suministrar a la Fiscalización para cada 300 metros de cordón, utilizando el mismo material de la tubería, las planchas de prueba soldadas con el mismo procedimiento y la técnica aplicados en la fabricación de los tubos.



Se deben fabricar las muestras y realizar los ensayos según lo especifica el ítem 3.3.5 de la AWWA C-200.

De cada muestra se deben retirar las siguientes probetas: 2 para la prueba de doblado y 2 para la prueba de tensión. Las resistencias a la tensión de las probetas no pueden ser inferiores al mínimo especificado por la norma del material utilizado y la rotura, deberá presentarse fuera del cordón de soldadura.

Las fig. 1.4 y 1.5 muestran dos ejemplares para las pruebas de tensión y doblado, respectivamente.

b) Pruebas de control de las soldaduras: Para el control de las soldaduras, tanto longitudinales como circunferenciales, realizadas en taller o en obra, se seguirán las siguientes indicaciones:

- Soldaduras bimetálicas: 100% de líquidos penetrantes.
- Soldaduras estructurales angulares: 15 % de líquidos penetrantes.
- Soldaduras estructurales a tope y angulares con penetración total: 20 % de U.T.
- Soldaduras estructurales al tope y angulares con penetración total : 10% de Rayos X.

En las zonas en que el citado control revelara anomalías o presente dudas sobre su calidad, el control se completará mediante los ensayos radiográficos necesarios para determinar la admisibilidad o rechazo de la soldadura.

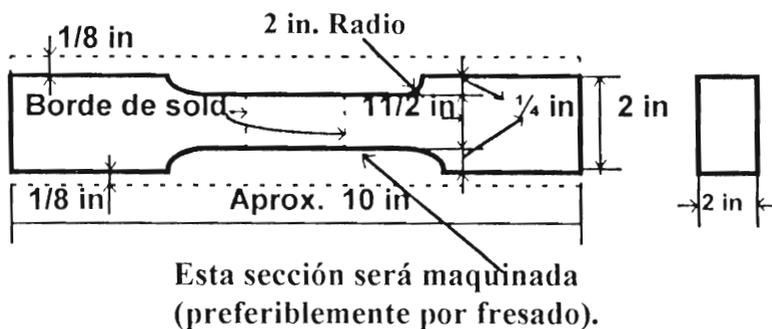


Fig. 1.4

EJEMPLAR DE PRUEBA DE TENSION DE LA SECCION REDUCIDA (REF. 3)

NOTAS:

1. El refuerzo de soldadura puede o no ser retirado a ras con el metal base.
2. Para convertir pulgadas (plg.) a milímetros (mm), multiplique por 25.4



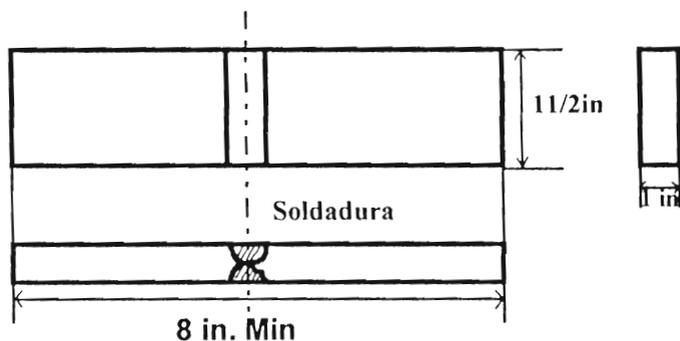


Fig. 1.5 (REF. 3)

EJEMPLAR DE PRUEBA PARA DOBLADO.

NOTAS:

1. El refuerzo de soldadura no necesita ser removido a ras con el metal base.
2. Para convertir pulgadas (plg) a milímetros (mm), multiplique por 25.4

En las zonas en que no pueda procederse así, se empleará el más adecuado de los ensayos no destructivos para cada caso particular.

1.2.3 PLANOS Y DETALLES DE FABRICACION

La información completa y cabal respecto a los diámetros, longitudes, posición de rigidizadores en la tubería; localización, tipo, tamaño y extensión de toda soldadura, se muestra claramente en los planos #1 y # 2. Estos especificarán la longitud efectiva de la soldadura, la cantidad de penetración, la requerida garganta efectiva, además de los demás detalles de las uniones soldadas.

Las figuras 1.6 y 1.7 nos presentan las características de las uniones a tope y de filete respectivamente a utilizarse en la fabricación de las tuberías.

El sobreespesor de las soldaduras no debe ser superior a 2.5 mm. Deberá removerse los que sobrepasen los 2.5 mm de altura, por medio de esmeril.

En los planos de fabricación también se encontrará información respecto a la protección anticorrosiva, área de pintura y detalles como: desbastes de todas las extremidades y sentido de flujo.

Los desbastes de todas las extremidades deben obedecer a los detalles de fabricación y serán de 30 grados con la línea ortogonal al eje del tubo. Este ángulo

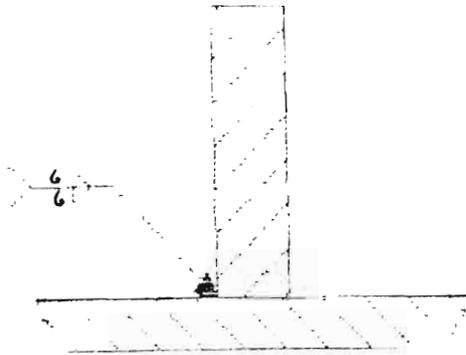


FIG. 1.6 CARACTERISTICAS DE LA UNION DE FILETE (REF. 10)

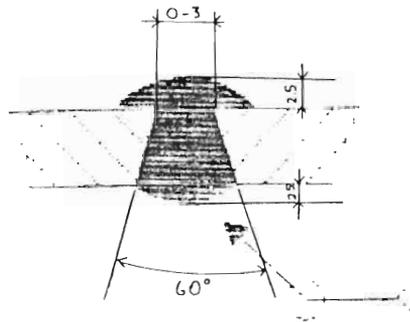


FIG. 1.7 CARACTERISTICAS DE LA UNION A TOPE (REF. 10)

variará en función de las exigencias de los equipos semiautomáticos o automáticos que utilizare el Contratista en la ejecución de los trabajos.

Para los casos no contemplados se deberá cumplir los requerimientos de tolerancia en las dimensiones prescritos en el cuerpo de las Normas de la AWWA, prevaleciendo los requerimientos que representen la mayor exigencia.

1.2.4 TOLERANCIAS

La instrucción técnica de los juegos dimensionales que envuelven a los Sifones ha sido tomado del siguiente documento:

Especificaciones Técnicas de chapa soldadas.

La instrucción técnica de los juegos dimensionales que envuelven a la Tubería de Impulsión ha sido tomado del siguiente documento:

SHF - SOCIEDAD HIDROTECNICA DE FRANCIA - FUNCIONAMIENTO Y REGISTRO DE LAS CARGAS (CONDUCTOS FORZADOS). - EDICION 1968.

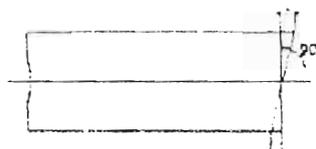
Estos juegos dimensionales son presentados a continuación y son detallados en la fig. 1.8.

- Virolas rectas:

a) Perímetro de la circunferencia externa de los tubos medido a una distancia



A) LINEALIDAD



B) INCLINACION DE LAS CARAS



C) SOBREMONTA DE SOLDADURA

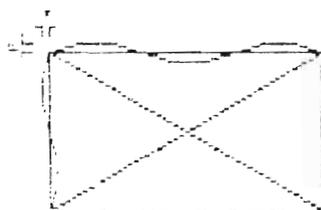
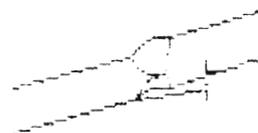
D) CONTROL DE CHAPAS
CORTADASE) DESALINEACION DE LA
UNION LONGITUDINALF) DESALINEACION DE LA
UNION CIRCUNFERENCIAL

FIG . 1.8 TOLERANCIAS

mayor que 250 mm de las extremidades:

$P = - 0\% + 0.15\%$ del perímetro calculado en base al diámetro nominal interno especificado, teniéndose en cuenta los espesores del revestimiento externo y de la chapa.

b) Ovalización: D (Diferencia entre el diámetro máximo y el diámetro mínimo, de la misma sección recta de la extremidad de la virola, luego de la aplicación de los revestimientos internos y externos).

$$\Delta D = \pm 0.5 \text{ mm (Sifones)}$$

$$\Delta D = \pm 0.74 \% \text{ (T. de Impulsión)}$$

c) Linealidad:

$$\Delta f \leq L / 1000$$

d) Largo de los elementos:

$$\Delta L = \frac{L}{1000} \text{ sin sobrepasar } 10 \text{ mm}$$



e) Inclinación de las caras (controlar sobre 3 diámetros)

$$x = 1.5 \text{ mm}$$

f) Irregularidades locales de la forma:

$$\Delta h \leq + 2r/1000 + 20/e + 0.5$$

g) Control de las chapas cortadas , antes que sean conformadas.

$$\Delta DL = \pm \frac{DL}{1000} \quad DL1 - DL2 \leq 6\text{mm}$$

$$\Delta R = \pm \frac{R}{1000} \quad \Delta L = \pm \frac{L}{1000}$$

$$\Delta F = \pm 2 \text{ mm}$$

-Soldaduras:

a) Desalineamiento de la unión longitudinal

$$\Delta L \leq 1.0 \text{ mm}$$

b) Desalineamiento de la unión circunferencial

$$\text{tubos } \Delta 2 \leq 1.6 \text{ mm} \quad (\text{Sifones})$$

$$\text{tubos } \Delta 2 \leq 2.0 \text{ mm} \quad (\text{Tubería de Impulsión})$$

c) Sobremedida de la soldadura:

Conforme indicado en los planos.

d) Falta de espesor en las Soldaduras.

$$Sf=0$$

1.2.5 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD.

Uno de los principales factores para el funcionamiento correcto de una organización es la calidad de sus productos y servicios. Las especificaciones técnicas no pueden, por sí solas, garantizar que los requisitos exigidos por los usuarios se cumplirán sistemáticamente, porque pueden presentarse deficiencias o variaciones en las propias especificaciones o en el sistema establecido para el diseño o la fabricación.

Con el propósito de garantizar que la fabricación de tuberías cumplen con los requisitos del usuario, se hará uso de normas y lineamientos de sistema de calidad, que complementan los requisitos establecidos en las especificaciones contractuales que ya han sido presentadas. En la fig. 1.9 se muestra un ciclo de calidad en la fabricación de cualquier producto.

La norma que se usará será la NORMA INEN 9002, la cual establece requisitos que tienen como fin principal prevenir y detectar cualquier incumplimiento de los productos en su fabricación, e implantar las medidas necesarias para conseguir estos objetivos. Los requisitos que serán usados durante la fabricación de tuberías metálicas se presentan a continuación.

Requisitos del sistema de calidad:

a) Responsabilidades gerenciales:



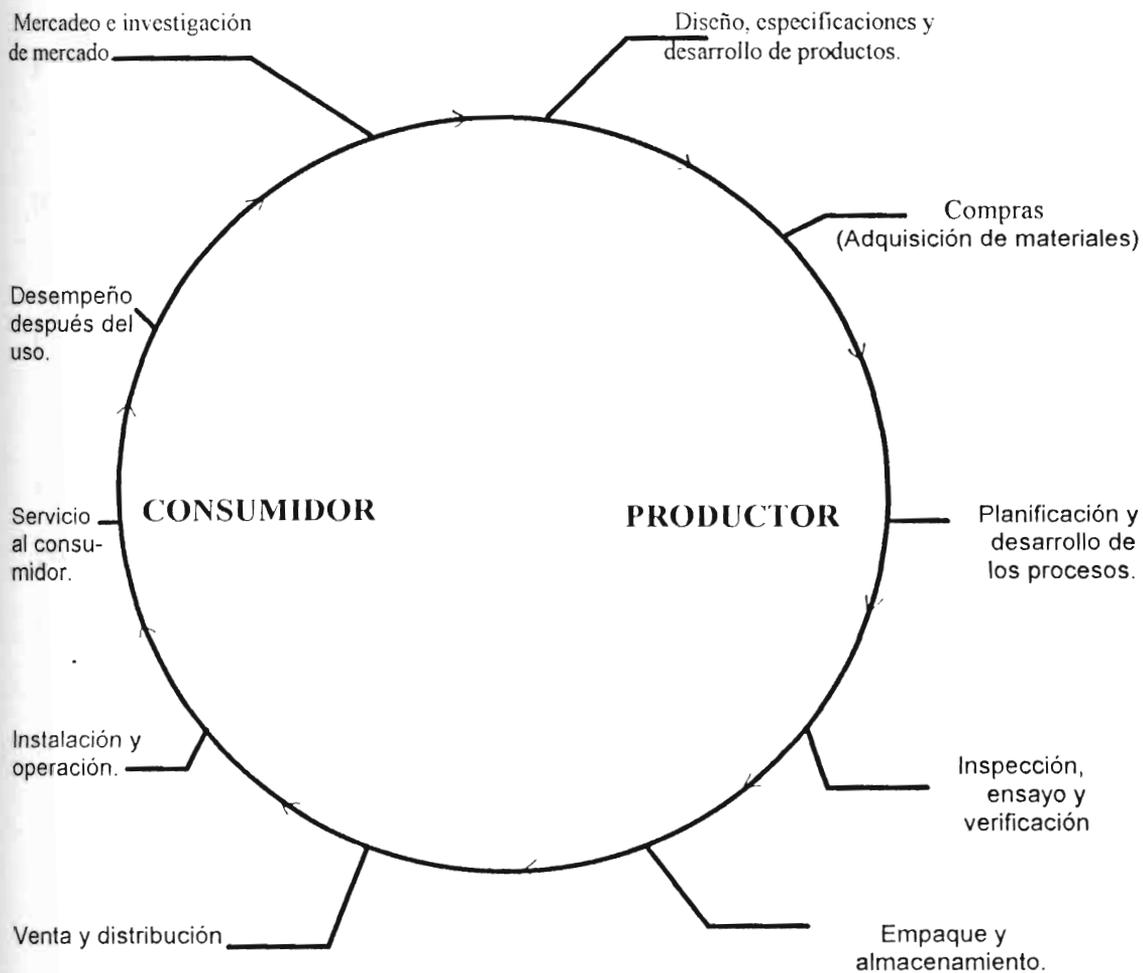


Fig. 1.9

CICLO DE CALIDAD (REF. 5)

- Política de calidad: La dirección de la empresa deberá definir por escrito políticas y objetivos concernientes a la calidad.
- Organización: Deberán definirse las responsabilidades, la autoridad y las relaciones entre todo el personal.

b) Sistema de Calidad:

El proveedor deberá establecer y mantener un sistema de calidad que sea eficaz y permita asegurar la conformidad de los productos con requisitos especificados.

Estos pueden incluir:

- Preparación documentada de los procedimientos de calidad.
- La efectiva implementación de los procedimientos del sistema de calidad.

c) Revisión del contrato:

El proveedor deberá revisar que en cada contrato:

- Se definan y documenten adecuadamente los requisitos.
- Se definan y se aclare cualquier requisito que difiera de los que figuran en la oferta
- Esté en condiciones de satisfacer los requisitos contractuales.



d) Control de documentos:

El proveedor deberá establecer y mantener procedimientos de control y datos que

estén relacionados con los requisitos de esta norma. Este control deberá asegurar:

- Que los documentos pertinentes estén disponibles en todas aquellas secciones en donde son esenciales.
- Que se retire rápidamente la documentación obsoleta de todos los puntos de distribución y uso.

e) Identificación y seguimiento de productos:

Cuando el seguimiento de un producto es un requisito exigido, cada producto es un requisito exigido, cada producto o lote de fabricación deberá tener una identificación única, que deberá quedar consignada en todos los documentos.

f) Control de Procesos: Este control debe incluir:

- Instrucciones escritas de trabajo que definan la forma de fabricar los productos.
- La supervisión y control de los procesos y de las características del producto durante la fabricación.
- Los criterios para evaluar la ejecución de un trabajo, usando en la medida en que sea posible normas escritas o muestras representativas.

g) Inspección y ensayos

El proveedor deberá realizar :

- Inspección de recepción y ensayos: Inspección inicial para determinar su conformidad con las especificaciones.

- Inspección y ensayos en proceso : Establecer inspeccionar, ensayar e identificar los productos tal como se establece en el plan de calidad, establecer la conformidad de los productos con requisitos especificados e identificar los productos no conformes. Cada uno deberá incluir un registro de inspección y ensayo.

h) Equipos de inspección, medida y ensayo:

El proveedor deberá verificar, calibrar y mantener adecuadamente los equipos de medida y ensayo que utiliza para demostrar la conformidad de los productos con las especificaciones.

l) Otros controles:

Además deberán realizarse los siguientes controles:

- Estado de inspección y ensayo
- Control de productos defectuosos.
- Acciones correctivas.
- Manejo, almacenamiento, empaque y despacho
- Registros de calidad
- Auditorías internas de calidad
- Técnicas estadísticas.



CAPITULO II

ADAPTACION DE UN PROGRAMA DE INSPECCION AL PROCESO DE FABRICACION

2.1 VERIFICACIONES PREVIAS A LA FABRICACION

Antes de iniciar el proceso de fabricación de tuberías es necesario verificar que se cuenta con todos los documentos e instrucciones especificados dentro del programa de Puntos de Inspección, así como también se debe definir responsabilidades de todo el personal que dirige, realiza y verifica cualquier trabajo relacionado con la calidad.

Estos procedimientos e instrucciones deben ser elaborados para luego someterlos a su respectiva revisión y aprobación, para asegurar su idoneidad, por personal autorizado, antes de su distribución.

2.1.1 CONTROL DE PLANOS DE FABRICACION

Los planos de fabricación juegan el papel más importante dentro del control de documentos que debe realizarse, ya que ellos contienen información del diseño de fabricación de las tuberías. Se debe realizar una distribución oportuna de tal forma que los planos pertinentes estén disponibles en todas aquellas secciones en donde

son esenciales para el funcionamiento efectivo del sistema de calidad.

Una de las secciones más importantes dentro de una planta donde se fabrican tuberías metálicas es el taller; es por esto que el personal de esta sección debe contar con toda la documentación necesaria para que su trabajo sea lo más eficiente posible. La manera de hacer esto posible, es la elaboración de planos de taller.

Los planos de taller # 3 y # 4 detallan el modo de acoplar anillos de refuerzo a los tubos y su posición de acoplamiento con respecto al eje de simetría vertical de los planos # 1 y # 2 tomados de unos sifones y tubería de Impulsión del Proyecto Plan Hidráulico Daule- Santa Elena.

Los planos de taller deben contener información mucho más sencilla y en detalle de lo que se va a realizar, de tal manera que la persona que va a utilizar estos planos pueda entenderlos de una manera clara y pueda desempeñar en forma correcta su trabajo.

El diagrama de la fig. 2.1 es la secuencia de planos de taller que deben realizarse en las etapas de fabricación de tuberías. Estos planos deben incluir información cabal respecto a todos los detalles que se requieran en la sección en la cual vayan a ser usados.



FIG. 2.1 SECUENCIA DE USO DE PLANOS DE TALLER EN EL PROCESO DE FABRICACION DE TUBERIAS METALICAS

2.1.2 ELABORACION Y CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

Todo procedimiento de soldadura usado en la fabricación de tuberías metálicas debe ser calificado. El fabricante de tubería deberá solicitar información referente a los procedimientos de soldadura del fabricante de la plancha si tiene poca experiencia en la soldadura del metal seleccionado. (AWWA, SEC.3.3).

El objetivo de la calificación de este procedimiento es verificar que las uniones soldadas en las tuberías poseen las propiedades mecánicas necesarias para un comportamiento adecuado en servicio.

Los datos que se deben considerar en la elaboración de un procedimiento son los siguientes: diseño de junta, material base, materiales de aporte, tratamientos, gas protector, características eléctricas, técnica de soldadura, etc.

Para escoger estos datos es necesario saber el proceso de soldadura que va a calificarse. El proceso de soldadura que se usará en la fabricación de tuberías es el de arco sumergido automático por ser un método sencillo, económico cuando se trabaja en grandes series, eficiente por producir fusiones completas y por ser de velocidad alta. En la tabla III se dan velocidades de soldar típicas y otros datos de producción.

En donde se requieran puntos de soldadura y para reparar los defectos de

TABLA III.

DATOS DE PRODUCCION: SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO
(REF.9)

ESPOSOR	SOLDADURA O TIPO DE JUNTA	ABERTURA DE RAIZ (PLG)	CORRIENTE AMP	VOLTIOS DEL ARCO	VELOCIDAD PLG/MIN	ELECTRODO	
						DIAM (PLG)	LBXPIE DE SOLDADURA
CALIBRE 16	RANURA	0-1/32	250	22	100	3/32	0.015
	CUADRADA		350	24	150	1/8	0.020
CALIBRE 14	RANURA	0-1/32	325	24	100	3/32	0.020
	CUADRADA		400	26	120	1/8	0.015
CALIBRE 12	RANURA	0-1/32	350	24	75	1/8	0.027
	CUADRADA		500	30	120		
CALIBRE 10	RANURA	0-1/16	575	24	60	1/8	0.05
	CUADRADA		650	31	100		
3/16 PULG	RANURA	0-1/16	575	25	40	5/32	0.07
	CUADRADA		700	31	65		
1/4 PULG	RANURA	0-3/32	750	25	30	3/16	0.10
	CUADRADA		850	35	40	7/32	
5/16 PULG	RANURA	0-3/32	800	26	26	3/16	0.25
	CUADRADA		900	36	30	7/32	
1/4 PULG	V SENCILLA	0	625	25	28	5/32	0.10
			825	32	50	3/16	0.23
3/8 PULG	V SENCILLA	0	900	28	24	1/4	0.16
			1100	36	47		0.35
1/2 PULG	V SENCILLA	0	1075	30	19	1/4	0.38



estructuras en las soldaduras de lámina y automáticas, se usará soldadura manual (AWWA, Sec. 3.3.3). El proceso de soldadura usado será el de arco de metal protegido por ser uno de los métodos más usados y con aplicación en aceros dulces y de aleación, aceros inoxidable y, en grado menor, en metales no ferrosos.

La tabla IV nos da las variaciones típicas de corriente para electrodos de acero dulce y la tabla V las propiedades mecánicas típicas para estos electrodos.

La selección de parámetros de soldadura varía con las características típicas de cada tipo de unión a soldar, posición en la que se va a soldar y del espesor del material.

Para la elección del tamaño del electrodo, corriente entre pasadas, voltaje, velocidad de soldeo, en la elaboración de juntas soldadas de las tuberías se hace uso de las tablas VI y VII para ambos procesos de soldadura usados.

El precalentamiento es otro de las variables a tomar en cuenta en la elaboración de procedimientos de soldadura ya que su uso es importante, debido a que:

- Reduce esfuerzos de contracción en la soldadura y metal base adyacente .
- Provee una velocidad de enfriamiento muy lenta a través del rango de temperatura crítica , previniendo endurecimiento y baja ductilidad tanto de la soldadura como del área afectada por el calor del metal base.

VARIACIONES TÍPICAS DE CORRIENTE PARA ELECTRODOS DE ACERO DULCE (REF. 9)

DIÁMETRO DEL ELECT. (PLG)	E 6010 E 6011 (A)	E 6012 (A)	E 6013 (A)	E 6020 (A)	E 6027 (A)	E 7014 (A)	E 7015 E 7016 (A)	E 7018 (A)	E 7024 E 7028 (A)
1/16		20 a 40	20 a 40						
5/16		25 a 60	25 a 60						
3/32	40 a 80	35 a 85	45 a 90			80 a 125	65 a 110	70 a 100	100 a 145
1/8	750 a 125	80 a 140	80 a 120	100 a 180	125 a 180	110 a 160	100 a 150	115 a 165	140 a 190
5/32	110 a 170	140 a 190	105 a 180	130 a 190	160 a 240	150 a 160	140 a 200	150 a 220	180 a 250
3/16	140 a 215	140 a 240	150 a 230	175 a 250	210 a 300	200 a 275	180 a 255	200 a 275	230 a 305
7/32	170 a 250	200 a 240	210 a 300	225 a 310	250 a 350	260 a 340	240 a 320	260 a 340	275 a 365
5/16	275 a 425	300 a 500	320 a 430	340 a 450	375 a 475	390 a 500	375 a 475	375 a 470	400 a 5254

TABLA V

PROPIEDADES MECANICAS TIPICAS DE ELECTRODOS (REF. 9)

CLASIFICACION DE ELECTRODO.	CONDICIONES									
	COMO SOLDADURA					ALIVIO DE TENSIONES A 1150° F				
	RESISTENCIA A TENSION (PSI)	RESISTENCIA A FLUENCIA (PSI)	ELONG EN 2 PLG (%)	IMPACTO (LIB.X PIE)	RESISTENCIA A TENSION (PSI)	RESISTENCIA A FLUENCIA (PSI)	ELONG EN 2 PLG (%)	IMPACTO (LBXPIE)		
E6010	69.000	60.000	26	55	65.000	51.000	32	75		
E6011	70.000	63.000	25	50	65.000	51.000	30	90		
E6012	72.000	64.000	21	43	71.000	62.000	23	47		
E6013	74.000	62.000	24	55	74.000	58.000	28			
E6020	67.000	57.000	27	50						
E6027	66.000	58.000	28	40	66.000	57.000	30	80		
E7014	73.000	67.000	24	55	73.000	65.000	26	48		
E7015	75.000	68.000	27	90						
E7016	75.000	68.000	27	90	71.000	60.000	32	120		
E7018	74.000	65.000	29	80	72.000	58.000	31	120		
E7024	86.000	78.000	23	38	80.000	73.000	27	38		
E7028	85.000	78.000	26	26	81.000	73.000	26	85		

TABLA VI

PARAMETROS PARA EL PROCESO SMAW (REF. 6)

POSICION: VERTICAL SOLD. ACERO: BUENA			
ESPESOR (PLG)	5/8	3/4	1
PASES	1 - 4	1 - 6	1 - 10
CLASE DE ELECTRODO	E6010	E6010	E6010
TAMAÑO DEL ELECTRODO	3/16	3/16	3/16
CORRIENTE (AMP) DC (+)	170	170	170
VELOCIDAD DE ARCO (PLG./MIN)	3.8 - 4.2	3.8 - 4.2	3.8 - 4.2
ELECTRODO REQUERIDO (LB /PIE)	1.48	2.08	3.56
TIEMPO TOTAL (HR/PIE DE SOLDADURA)	0.228	0.318	0.547

TABLA VII

PARAMETROS PARA EL PROCESO SAW (REF. 6)

POSICION: HORIZONTAL SOLD. ACERO: BUENA						
TAMAÑO DE SOLDADURA (PLG)	1/8	5/32	3/16	5/32	3/16	5/16
ESPESOR (PLG)	5/32	3/16	1/4	3/16	1/4	3/8
PASES	1	1	1	1	1	1
TAMAÑO DEL ELECTRODO	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	5/32
VEL. ARCO (PLG./MIN)	54	44	36	44	36	18
VOLTIOS	24	26	28	26	28	30
CORRIENTE (DC)	400 (+)	475 (+)	550 (+)	475 (+)	550 (+)	500 (-)
FLUJO REQUERIDO (LB/PIE)	0.024 - 0.032	0.034 - 0.048	0.053 - 0.069	0.034 - 0.048	0.053 - 0.069	0.11 - 0.15
TIEMPO TOTAL (HR/PIE DE SOLDADURA)	0.00370	0.0045	0.00555	0.0045	0.00555	0.0111

- Provee una velocidad muy lenta de enfriamiento permitiendo más tiempo para que el hidrógeno presente se difunda lejos de la soldadura y del metal adyacente.

La tabla VIII del código AWS D1.1. nos da las mínimas temperaturas de precalentamiento y entrepases para diferentes espesores de planchas a soldarse para aceros comunes soldables .

Como complemento a esta elección, se debe tomar también en cuenta estas temperaturas midiendo el porcentaje de carbono y de los elementos aleantes de un acero específico, denominado carbono equivalente. La fórmula utilizada para este propósito es la siguiente:

$$\text{Ceq.} = \%C + \%Mn / 6 + \%Ni / 15 + \%Mo / 4 + \%Cr / 4 + \%Cu / 13$$

Esta fórmula es válida sólo dentro de los siguientes rangos:

0.50% C	3.50% Ni	1.00% Cr
1.6 % Mn	0.60% Mo	1.00% Cu



La tabla IX presenta valores de temperaturas aproximadas de precalentamiento y entrepases basadas sobre porcentajes de Carbono equivalente.

Todos los datos de precalentamiento del material, elección de parámetros de soldadura; usados en la fabricación de tuberías se deben presentar en un formato de especificaciones de soldadura.

TABLA VIII

TEMPERATURAS MINIMAS DE PRECALENTAMIENTO Y ENTRE PASADAS (°F) (REF. 6)

	PROCESOS DE SOLDADURA			
	SOLDADURA DE ARCO PROTEGIDO CON ELECTRODOS QUE NO SON DE BAJO HIDROGENO	SOLDADURA ARCO-PROTEGIDO CON ELECTRODO DE BAJO HIDROGENO, SOLDADURA ARCO SUMERGIDO, SOLDADURA AL ARCO CON PROTECCION GASEOSA, SOLDADURA AL ARCO CON ELECTRODO TUBULAR.		SOLDADURA DE ARCO PROTEGIDO CON ELECTRODOS DE BAJO HIDROGENO; SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO CON ALAMBRE DE ACERO AL CARBONO O ALEADO, CON FUNDENTE NEUTRAL
ESPOSOR DE LA PARTE MAS GRUESA EN EL PUNTO DE SOLDAR	ASTM A364, A516 A106, A131, A139, A375 A381 Gr. 35, A500, A501 A516 Gr. 55 y 60, A524, A573 Gr. 65, API 5L Gr. B; D, E, R	ASTM A36, A106, A131 A139, A2421 A375, A381 Gy 35, A441, A516 Gr. 65 y 70, A524, A529, A537 Clase 1 y 2 A570 Gr. D Y E, A572 Gr. 42, 45, 45, 50 A573 Gr. 65 A588, A618, API 52 GR. 8 y 5LX Gr. 42; ADS Gr. A, B, C, CS D, E, R, AH, DH, EH	ASTM A572 GRADOS 55, 60 Y 60	ASTM A514, A517
HASTA 3/4, inc.	NINGUNO 3	NINGUNO 3	70	50
3/4 Y 1 1/2 inc.	150	70	150	125
1-1/2 a 2-1/2, inc.	225	150	225	175
2- 1/2	300	225	300	225

TABLA IX

TEMPERATURAS APROXIMADAS DE PRECALENTAMIENTO Y ENTREPASES BASADAS SOBRE % DE CARBONO EQUIVALENTE. (REF.6)

CARBONO EQUIVALENTE %	TEMPERATURA	
	° F	° C
HASTA 0.45	OPCIONAL	OPCIONAL
0.45 a 0.60	200 a 400	95 a 205
SOBRE 0.60	400 a 700	205 a 370

La especificación de soldadura es el documento que describe todos los requisitos mencionados anteriormente y detalles necesarios para la realización de tal unión. Sometiendo dicha unión a varios ensayos, se confecciona el registro correspondiente, el cual acredita, en su caso, que la unión reúne las propiedades requeridas. Por tanto, es necesaria, la especificación de soldadura correspondiente.

De los factores presentados en el formato, unos influyen fundamentalmente y otros no, según las exigencias requeridas para la unión o según sea el proceso. Este hecho da lugar a la clasificación de las variables en tres grupos: variable esencial, variable no esencial, variable esencial suplementaria.

El criterio a seguir es el siguiente:

- Cambio de una variable esencial: requiere una nueva calificación y W.P.S.
- Cambio de una variable no esencial: no requiere nueva calificación.
- Cambio de una variable suplementaria: requiere nueva calificación y WPS si se exige resiliencia.

Cada proceso puede tener variables fundamentales distintas. Su conocimiento es importante a la hora de hacer una calificación. A continuación, en los formatos 1 y 2 se adjunta la elaboración de especificaciones de soldadura para algunas de las uniones a ser usadas en la fabricación de sifones y tubería de impulsión

La calificación de procedimiento para las soldaduras de ranura en tuberías requiere que se solde un conjunto de prueba para cada posición de las que se ilustran en la



FORMATO 1

<p>9W-482 WELDING PROCEDURE ESPECIFICACION No. ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</p>	<p>HOJA 1 DE 2 _____</p>
<p>REVISIONS _____ DATE _____ SUPORTING No (s) _____ REVISIONES _____ FECHA _____ CUBIERTO POR No (s) _____</p>	
<p>WELDING PROCESS(ES) _____ SMAW _____ PROCESO(S) SOLDADURA</p>	<p>TYPES _____ MANUAL TIPOS</p>
<p>JOINTS (QW 402) UNIONES</p> <p>GROOVE DESIGN _____ EN "V" _____ DISEÑO CHAFLAN BOCHING (Yes) (No) _____ No _____ SOPORTE (Si) (No) OTHER _____ OTROS</p>	<p>SIZE DEL ELECTRODO _____ TAMAÑO DEL ELECTRODO SIZE OF FILLER (1) _____ 5/32" (2) _____ 3/16 _____ TAMAÑO DE LA VARILLA ELECTRODE FLUX (CLASS) _____ ELECTRODO POLVO (CLASE) CONSUMABLE LASERT _____ ANILLOS CONSUMIBLES OTHER: MARCA COMERCIAL LINCOLN: _____ OTROS</p>
<p>BASE METALS (QW 403) METALES BASE</p> <p>TYPE AND DEGREE OF MATERIAL _____ A_36 _____ TIPO Y GRADO DEL MATERIAL P No. (1) GRUPO 1 TO P No. _____ IDEM _____ P No. _____ TO P No. _____ THICKNESS RANGE _____ 4.7 - 25 mm _____ MARGEN DE ESPESOR PIPE DIAM RANGER _____ MAYORES DE 24" MARGEN DE DIAM DE TUBO OTHER _____ DEPOSITO DE METAL OTROS _____ DE SOLDADURA: < 22 mm.</p>	<p>POSITION (QW 405) POSICION</p> <p>POSITION OF GROOVE _____ 56 _____ POSICION DEL CHAFLAN WELDING PROGRESSION _____ -DESCEND. AVANCE DEL SOLDEO OTHER _____ OTROS</p>
<p>FILLER METALS (QW 404) METALES DE APORTACION</p> <p>F No. _____ 3 _____ OTHER _____ 3 _____ F No. _____ OTROS A No. _____ 1 _____ OTHER _____ 1 _____ A No. _____ OTROS SPEC. No. (SFA) _____ 5.1 _____ AWS No. _____ (CLASS) _____ E6010 _____ ESPEC. No. _____</p>	<p>PREHEAT (QW 406) PRECALENTAMIENTO</p> <p>PREHEAT TEMP. _____ 135°F _____ 176°F TEMPERATURA PRECAL. INTERPASS TEMP. _____ 500°F _____ 536°F TEMPERATURA ENTRE PASADAS PREHEAT MAINTENCE _____ MANTENIMIENTO DEL PRECAL. OTHER OTROS</p>

**QW- 482 WELDING PROCEDURE
ESPECIFICACION
ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE
SOLDADURA**

HOJA 2 DE _____

**TECHNIQUE (QW 410)
TECNICA**

SPRING OR WEAVE BEAD _____ OSCILANTE
 APORTACION RECTA U OSCILANTE
 ORIFICE OR GAS CUP SIZE _____
 ORIFICIO O TAM. DE BOQUILLA DE GAS
 INITIAL % INTERPASS CLEANING _AMBOS
 (BRUSHING, GRINDING, ETC)
 LIMPIEZA, INICIAL Y ENTREPASADAS
 (CEPILLADO, ESMERILADO,ETC)
 METHOD OF BACK GOUGING _____
 METODO DE ESCARNAR LA RAIZ
 OSCILLATION ___ 3 VECES SU DIAMETRO
 OSCILACION

MULTIPLASS OR SIMPLE PASS _____
 MULTIPLES
 PASADAS SIMPLES O MULTIPLES
 SIMPLE OR MULTIPLE ELECTRODES _UNICO
 SIMPLES O MULTIPLES ELECTRODOS
 TRAVEL SPEED (RANGE) _____ 28-32 CM / MIN
 VELOCIDAD (MARGEN)
 OTHER _____ LIMPIEZA TOTAL ENTRE PASA
 OTROS _____ DAS CON CEPILLO CIRCULAR

**POST WELD HEAT TREATMENT (QW 407)
TRATAMIENTO TERMICO POSTSOLDEO**

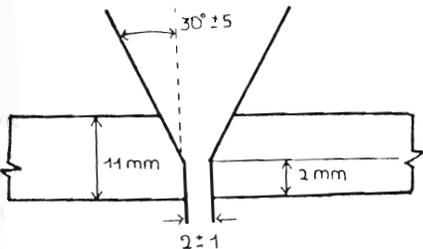
TEMPERATURE _____
 TEMPERATURA
 TIME RANGE _____
 TIEMPO
 OTHER _____
 OTROS

**GAS (QW 408)
GAS**

GAS SHIELDING GAS (ES) _____
 GAS (ES) DE PROTECCION
 PERCENT COMPOSITION (MIXTURE)
 COMPOSICION % (MEZCLAS)

FLOW RATE _____
 CAUDAL
 GAS BACKING _____
 GAS SOPORTE
 TRALLING SHIELDING GAS _____
 GAS DE PROTECCION SECUNDARIO
 OTHER _____
 OTROS

**SKTECH
CROQUIS**



**ELECTRICAL CHARACTERISTICS
QW (409)**

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

CURRENT _____ CONTINUA _____
 CORRIENTE
 POLARIDAD _____ DCP _____

POS	DIAM	AMPS	VOLTS	CM/HR
5G	5/32-3/16	120-180	24-28	30/40
5G	5/32-3/16	120-180	24-28	30/40
5G	5/32-3/16	120-180	24-28	30/40
5G	3/16	120-180	24-27	30/40

OTHER _____ COMO ALTERNATIVA SE
 OTROS _____ PUEDE CORREGIR CORDON INTERIOR CON OTRA PASADA

FORMATO 2

9W-482 WELDING PROCEDURE ESPECIFICACION No. ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA	HOJA 1 DE_ 2_	
REVISIONS _____ REVISIONES _____	DATE _____ FECHA _____	SUPORTING No (s) _____ CUBIERTO POR No (s) _____
WELDING PROCESS(ES) ___ SAW ___ PROCESO(S) SOLDADURA	TYPES ___ AUTOMATICO TIPOS	
JOINTS (QW 402) UNIONES GROOVE DESIGN ___ FILETE _____ DISEÑO CHAFLAN BOCHING (Yes) (No) ___ No _____ SOPORTE (Si) (No) OTHER _____ OTROS	SIZE ELECTRODO _____ TAMAÑO DEL ELECTRODO SIZE OF FILLER_(1) ___ 5/32"_(2) ___ 1/8" ___ TAMAÑO DE LA VARILLA ELECTRODE FLUX (CLASS) ___ F7A2 EM12K ELCTRODO POLVO (CLASE) CONSUMABLE LASERT _____ ANILLOS CONSUMIBLES OTHER: MARCA COMERCIAL LINCOLN: ___ OTROS	
BASE METALS (QW 403) METALES BASE TYPE AND DEGREE OF MATERIAL ___ A_ 36 ___ TIPO Y GRADO DEL MATERIAL P No. (1) GRUPO 1_ TO P No. ___ IDEM_ _____ P No. _____ TO P No. _____ THICKNESS RANGE _____ TODOS _____ MARGEN DE ESPESOR PIPE DIA RANGER _____ MAYORES DE 24" MARGEN DE DIAM DE TUBO OTHER _____ DEPOSITO DE METAL OTRO _____ DE SOLDADURA: < 16 mm.	POSITION (QW 405) POSICION POSITION OF GROOVE _____ 1F _____ POSICION DEL CHAFLAN WELDING PROGRESSION _____ DESCEND. AVANCE DEL SOLDEO OTHER _____ OTROS	
FILLER METALS (QW 404) METALES DE APORTACION F No. _____ 3 _____ OTHER _____ F No. _____ OTROS A No. _____ 6 _____ OTHER _____ A No. _____ OTROS SPEC. No. (SFA) _____ 5.17 _____ AWS No. _____ (CLASS) ___ EM12K ___ ESPEC. No.	PREHEAT (QW 406) PRECALENTAMIENTO PREHEAT TEMP. _____ 135°F _____ 176°F TEMPERATURA PRECAL. INTERPASS TEMP. _____ 500°F _____ 536°F TEMPERATURA ENTRE PASADAS PREHEAT MAINTENCE _____ MANTENIMIENTO DEL PRECAL. OTHER OTROS	

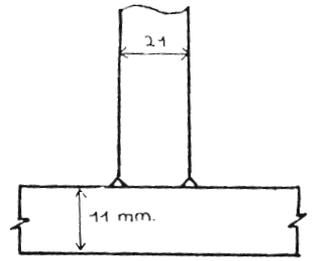
<p style="text-align: center;">QW- 482 WELDING PROCEDURE ESPECIFICACION ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</p>	<p style="text-align: right;">HOJA 2 DE _____</p>															
<p>TECHNIQUE (QW 410) TECNICA</p> <p>SPRING OR WEAVE BEAD _____RECTO APORTACION RECTA U OSCILANTE ORIFICE OR GAS CUP SIZE_ 3/8"FLUX___ ORIFICIO O TAM. DE BOQUILLA DE GAS INITIAL % INTERPASS CLEANING __AMBOS (BRUSHING, GRINDING, ETC) LIMPIEZA, INICIAL Y ENTREPASADAS (CEPILLADO, ESMERILADO,ETC) METHOD OF BACK GOUGING _____ METODO DE ESCARNAR LA RAIZ OSCILLATION _____NO _____ OSCILACION CONTACT TUBE TO WORK DISTANCE__</p> <p>MULTIPLASS OR SIMPLE PASS _____ MULTIPLES PASADAS SIMPLES O MULTIPLES SIMPLE OR MULTIPLE ELECTRODES _____UNICO No ELECTRODOS TRAVEL SPEED (RANGE) _60-80 CM/MIN VELOCIDAD (MARGEN) OTHER _____LIMPIEZA TOTAL ENTRE PASA OTROS DAS</p>	<p>POST WELD HEAT TREATMENT (QW 407) TRATAMIENTO TERMICO POSTSOLDEO</p> <p>TEMPERATURE _____ TEMPERATURA TIME RANGE _____ TIEMPO OTHER _____ OTROS</p> <p>GAS QW (408) GAS</p> <p>SHIELDING GAS (ES) _____ GAS (ES) DE PROTECCION PERCENT COMPOSITION (MIXTURE) COMPOSICION % (MEZCLAS)</p> <p>FLOW RATE _____ CAUDAL GAS BACKING _____ GAS SOPORTE TRALLING SHIELDING GAS _____ GAS DE PROTECCION SECUNDARIO OTHER _____ OTROS</p>															
<p>SKTECH CROQUIS</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p>ELECTRICAL CHARACTERISTICS QW (409) CARACTERISTICAS ELECTRICAS</p> <p>CURRENT _____CONTINUA _____ CORRIENTE POLARIDAD _____DCP _____</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>POS</th> <th>DIAM</th> <th>AMPS</th> <th>VOLTS</th> <th>CM / HR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1F</td> <td>3/32-1/8</td> <td>120-180</td> <td>28-31</td> <td>60-80</td> </tr> <tr> <td>1F</td> <td>3/32-1/8</td> <td>120-180</td> <td>28-31</td> <td>60/80</td> </tr> </tbody> </table> <p>OTHER _____COMO ALTERNATIVA SE OTROS PUEDE CORREGIR COR- DON INTERIOR CON O - TRA PASADA</p>	POS	DIAM	AMPS	VOLTS	CM / HR	1F	3/32-1/8	120-180	28-31	60-80	1F	3/32-1/8	120-180	28-31	60/80
POS	DIAM	AMPS	VOLTS	CM / HR												
1F	3/32-1/8	120-180	28-31	60-80												
1F	3/32-1/8	120-180	28-31	60/80												

fig. 2.2. En la posición 1 G, el eje del tubo está horizontal, y se hace girar el tubo durante la soldadura. El metal de soldadura se deposita desde arriba (soldadura plana). En la posición 2G el eje del tubo está horizontal, y el tubo no se hace girar (es una combinación de soldadura plana, vertical y de sobrecabeza).

La calificación en las posiciones horizontal, vertical y hacia arriba califica también para la posición plana. La calificación en la posición horizontal fija, 5G, califica para las posiciones plana, vertical y de sobrecabeza. La calificación en las posiciones horizontal, vertical y de sobrecabeza califica para todas las posiciones.

La calificación de procedimiento para soldaduras de filete requiere un conjunto de prueba en cada una de las posiciones 1,2,3 y 4 F (F significa de filete) .

El tipo y número de probetas para la calificación de procedimiento aparece en la tabla X. También se indica el intervalo de espesor que se califica para espesor de tubo. Las notas que se aplicables para el uso de las tablas son las siguientes:

1. El espesor máximo que se califica para un tubo menor de 5 pulgadas es el doble del espesor del tubo, pero no es mayor de $\frac{3}{4}$ de pulgada.
2. Para soldadura de arco sumergido y para soldadura de arco metálico y gas, la limitación de espesor para soldadura de producción, basada en el espesor t de la placa, debe ser como sigue:

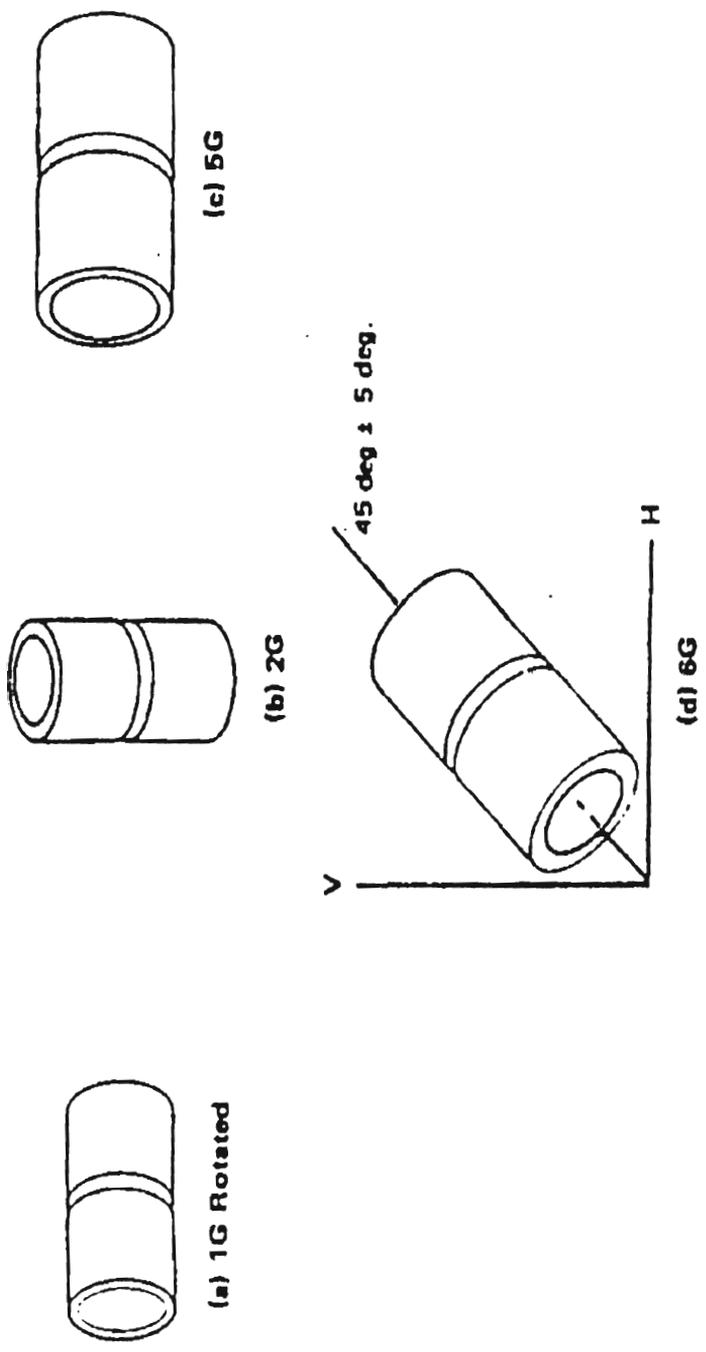


Fig. 2.2
POSICIONES DE SOLDADURAS EN TUBOS (REF. 7)

TABLA X

TABLA X

NUMERO Y TIPO DE PROBETAS A ENSAYAR Y RANGO DE
 ESPESORES CALIFICADOS.- CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO
 (REF. 7)

ENSAYOS SOBRE PLANCHAS RANURADAS SOLDADAS CON PENETRACION COMPLETA						
ESPOSOR PLANCHA, T ENSAYA DA (PLG)	NUMERO DE SOLDADURA POR POSICION	ENSAYO NO DESTRUC-TIVO.	PROBETAS REQUERIDAS PARA ENSAYOS			MAXIMO ESPESOR PLANCHA, T CALIFICADO (PLG)
			TENSION	FLEXION DE RAIZ	FLEXION DE CARA	
1/3 < T > 3/8	1	SI	2	2	2	1/8 A 2T
3/8	1	SI	2	2	2	3/4
3/8 < T > 1	1	SI	2	-	-	2T
1	1	SI	2	-	-	ILIMITADO

- a. Para soldadura de una pasada sin solera de respaldo o hecha contra un respaldo de metal o de cerámica (fundente), el espesor máximo que se solde no debe exceder del espesor de la placa o del tubo de prueba.

 - b. Si se solda la placa de prueba por un procedimiento en el que se requiera una pasada desde cada lado, el espesor máximo que puede soldarse en producción deberá ser $2t$, y $2t$ no deberá exceder de 2 pulgadas. Si se tienen que soldar en producción secciones de espesor mayor de 2 pulgadas, se preparará una placa de prueba separada de espesor no menor que el que pretenda hacerse en producción.
3. Pueden usarse dobleces de cara y raíz o dobleces laterales para espesores de $3/8$ a $3/4$ de pulgada.

 4. Pueden usarse pruebas de doblez longitudinal en lugar de pruebas de doblez transversal sólo para probar combinaciones de material que difieren marcadamente en cuanto a propiedades físicas al doblado.

 5. Para aceros templados y revenidos (con resistencia a la tensión de 950000 lb/plg **2 o mayor) con espesores menores de $5/8$ de pulgada , el espesor de tubo de prueba es espesor mínimo que se califica.

Los ensayos que deberán realizarse para determinar las propiedades mecánicas son:

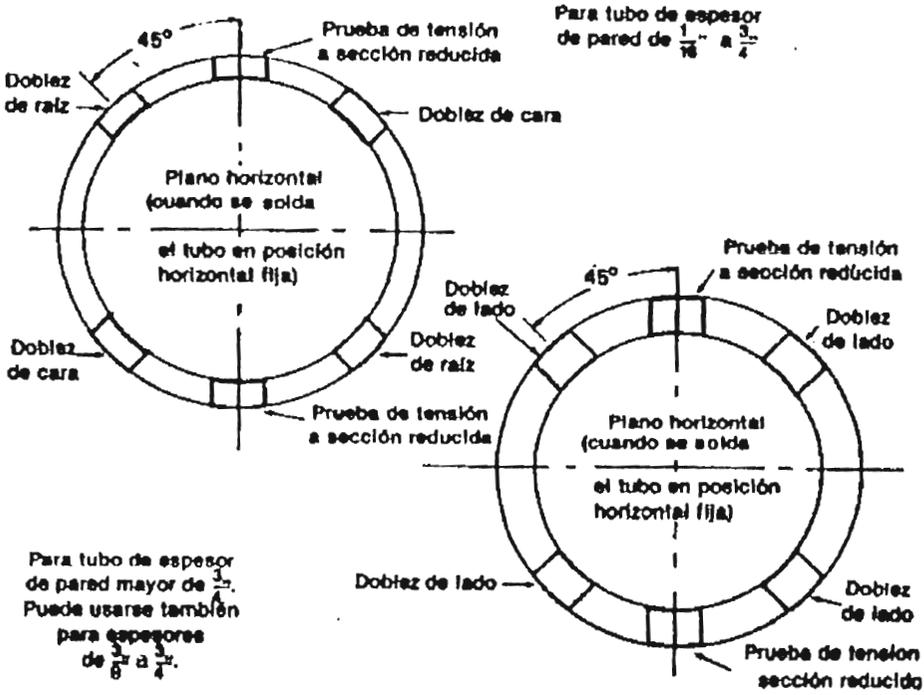


Fig. 2.3

POSICIONES DE LAS PROBETAS DE PRUEBA QUE DEBEN REMOVERSE DEL TUBO.
(REF. 8)

FORMATO 3

Hoja 1 de 2



COMPANY NAME COMINTECO
 NOMBRE DE LA EMPRESA
 PROCEDURE QUALIFICATION RECORD NO. DATE
 CERTIFICADO DE CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO NO. FECHA
 WPS NO
 PROCED NO
 WELDING PROCESS(ES) SMAW TIPES MANUAL (REPARACION.)
 PROCESO(S) DE SOLDEO TIPOS

(Manual , Automatic, Semi-Auto)

<p>JOINTS (QW - 402) UNIONES</p> <p style="text-align: center;">Groove Design Used A TOPE EN "V" Diseño del Chaflán Usado</p>	<p>BASE METALS (QW -403) METAL BASE Material Spec. A 36 Material Especif Type or Grade Tipo de grado P No . (1) to P No P No Thickness 11 mm Espesores Diameter Diámetro Other Otros</p>
<p>FILLER METALS (QW-404) METAL DE APORTATION Weld Metal Analysis A No. Análisis del metal depositado No. A Size of Electrode (1) 5/32" (2) 3/16----- Tamaño del Electrodo Filler Metal F No. 3 Metal de aportación No F SFA S pecification. 5.1 Especificación S F A AWS Clasification E6010 Clasificación AWS Other Otros</p>	<p>POSITION (QW-405) Position of Groove 5G Posición del Chaflán Weld Progression DESCENDENTE Secuencia de Sold. (Uphill, Downhill) (Ascendente, Descendente) Other Otros</p> <p>PREHEAT (QW -406) Precaletamiento PreheatTemp . . . 135°F - 176°F----- Temperatura Precaletamiento Interpass Temp . . . 500°F - 536°F Entrepasadas, Temp Other Otros</p>
<p>POSTWELD HEAT TREATMENT (QW- 407) TRATAMIENTO TERMICO POSTSOLDEO Temperature Temperatura Time Tiempo Other Otros</p>	<p>GAS (QW 408) GAS Type of Gas or Gases Tipo de Gas o Gases Composition of Gas Mixture Composición de la Mezcla Other Otros</p>
<p>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW -409) CARACTERISTICAS ELECTRICAS Current CONTINUA Corriente Polarity DCEP Polaridad Amps . . (1) 130 Volts . (2) 126 Amps Volts Travel Speed. 30 cm / min Velocidad Other Otros</p>	<p>TECHNIQUE (QW -410) TECNICA String or Weave Bead RECTA Aportación Recta u Oscilante Oscilation . . (SI) Máximo 3 veces su diámetro Oscilación Multipass or Single Pass MULTIPLES Pasadas Simple o Múltiples Single or Multiple Electrodes UNICO Electrodo Simple o Múltiple</p>

TENSILE TEST (QW - 150)
ENSAYO DE TRACCION

Hoja 2 de ...2.....

Specimen No. Probeta	Width Ancho mm	Thickness Espesor mm	Area Sección mm ²	Ultimate Total Load Carga total en rotura Kg	Ultimate Unit Stress Psi Tensión de rotura Psi	Character of Failure & Location Tipo y situación de la rotura
1	18.98	11.32	214.85	24223.55	72739.42	Rotura fuera Soldadura
2	19.14	11.22	214.75	2470.65	73515.65	Rotura fuera Soldadura

GUIDED BEND TESTS (QW-160)
ENSAYO DE DOBLADO GUIADO

Type and Figure No. Tipo y Figura No.	Result Resultado	Type and Figure No. Tipo y Figura No.	Result Resultado
P1 (Plegado Lateral)	Aprobado	P3 (Plegado Lateral)	Aprobado
P2 (Plegado Lateral)	Aprobado	P4 (Plegado Lateral)	Aprobado

TOUGHNESS TESTS (QW -170)
ENSAYOS DE TENACIDAD

Specimen No. Probeta No	Notch Location Situación de la ranura	Notch Type ranura tipo	Test Temp. Temp. de ensayo	Impact Values Valor de choque	Resilience Resiliencia kgs/cm ²	Lateral Exp. Expansión lateral %Shear Mils %corded Millee	Drop Weight Ensayo de caída de peso		Type Tipo
							Break Rota	No break No rota	

Type of test
 Tipo de ensayo
 Deposit Analysis
 Análisis del Depósito
 Other
 Otros

FILLET WLED TEST (QW -180)
ENSAYO DE SOLDADURA EN ANGULO

Result-Satisfactory
 Resultado aceptable Yes, No (Si o No)
 Type and Character of Failure
 Tipo y aspecto de la rotura
 Welder's Name
 Nombre del Soldado
 Tests conducted by
 Ensayo dirigido por
 per:
 para

Penetration into Parent Metal
 Penetración en el Metal base Yes, No (Si o No)
 Macro-Results'
 Resultado de la Macrografía
 Clock No Stamp No.
 Reloj No. Sello No.
 Laboratory Test No
 No. del informe del laboratorio

We certify that the statements in this record are correct and that the welds were prepared, welded and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code
 Certificamos que el contenido de este informe es correcto y que las soldaduras han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del código ASME Sección IX

Date/Fecha Signed
 Firma Inspector of
 Approved by QA Date/Fecha
 Aprobado por QA Signed/Firma

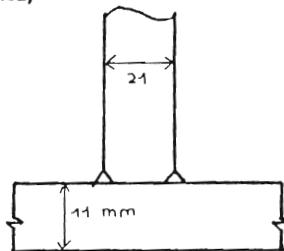


FORMATO 4

Hoja 1 de ... 2.....

COMPANY NAME . COMINTECO
 NOMBRE DE LA EMPRESA
 PROCEDURE QUALIFICATION RECORD NO. DATE
 CERTIFICADO DE CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO NO. FECHA
 WPS NO.
 PROCED NO.
 WELDING PROCESS(ES) SAW TIPES AUTOMATICO.....
 PROCESO(S) DE SOLDEO TIPOS

(Manual , Automatic, Semi-Auto.)

<p>JOINTS (QW - 402) UNIONES</p>  <p>Groove Design Used FILET Diseño del Chaflán Usado</p>	<p>BASE METALS (QW -403) METAL BASE Material Spec. A 36..... Material Especif. Type or Grade Tipo de grado P No . . . (1) to P No. P No Thickness 11 mm..... Espesores Diameter Diámetro Other. . . . ANILLO DE REFUERZO . 21 mm Otro CATETO DE SOLDADURA 8 mm</p>
<p>FILLER METALS (QW-404) METAL DE APORTACION Weld Metal Analysis A No Análisis del metal depositado No A Size of Electrode 1/8..... Tamaño del Electrodo Filler Metal F No. . . 6 Metal de aportación No. F SFA Specification 5.17..... Especificación S F A AWS Classification EM12K -F7A2 Clasificación AWS Other Otros</p>	<p>POSITION (QW-405) Position of Groove 1F..... Posición del Chaflán Weld Progression Secuencia de Sold. (Uphill, Downhill) (Ascendente, Descendente) Other Otros</p> <p>PREHEAT (QW -406) Preheating PreheatTemp 140 °F Temperatura Pre calentamiento Interpass Temp 520°F..... Entre pasadas, Temp Other Otros</p>
<p>POSTWELD HEAT TREATMENT (QW- 407) TRATAMIENTO TERMICO POSTSOLDEO Temperature Temperatura Time Tiempo Other Otros</p>	<p>GAS (QW 408) GAS Type of Gas or Gases Tipo de Gas o Gases Composition of Gas Mixture Composición de la Mezcla Other Otros</p>
<p>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW -409) CARACTERISTICAS ELECTRICAS Current CONTINUA Corriente Polarity DCEP..... Polaridad Amps . . . (1) 380. . . . Volts (1) 31. . . . Amps Volts Travel Speed..... 70 cm / min..... Velocidad Other Otros</p>	<p>TECHNIQUE (QW -410) TECNICA String or Weave Bead RECTA..... Aportación Recta u Oscilante Oscillation NO..... Oscilación Multipass or Single Pass..... MULTIPLES..... Pasadas Simple o Múltiples Single or Multiple Electrodes UNICO..... Electrodo Simple o Múltiple</p>

TENSILE TEST (QW - 150)
ENSAYO DE TRACCION

Hoja 2 de ...2

Specimen No. Probeta	Width Ancho mm	Thickness Espesor mm	Area Sección mm ²	Ultimate Total Load Carga total en rotura Kg	Ultimate Unit Stress Psi Tensión de rotura Psi	Character of Failure & Location Tipo y situación de la rotura

GUIDED BEND TESTS (QW-160)
ENSAYO DE DOBLADO GUIADO

Type and Figure No. Tipo y Figura No.	Resulta Resultado	Type and Figure No. Tipo y Figura No.	Result Resultado

TOUGHNESS TESTS (QW -170)
ENSAYOS DE TENACIDAD

Specimen No. Probeta No.	Notch Location Situación de la ranura	Notch Type ranura tipo	Test Temp. Temp. de ensayo	Impact Values Valor de cho que	Resi lence Resi lencia kgs/ cm ²	Lateral Exp. Expansión lateral		Drop Weight Ensayo de caída de peso		Ty pe Ti po
						%Shear Mils %cortad Miles		Break Rota	No break No rota	

Type of test
 Tipo de ensayo
 Deposit Analysis
 Análisis del Depósito
 Other
 Otros

FILLET WELD TEST (QW -180)
ENSAYO DE SOLDADURA EN ANGULO

Result-SatisfactorySI
 Resultado aceptable Yes, No (SI o No)
 Type and Character of Failure
 Tipo y aspecto de la rotura
 Welder's Name
 Nombre del Soldado
 Tests conducted by:
 Ensayo dirigido por:
 per:
 para

Penetration into Parent Metal
 Penetración en el Metal base Yes, No (SI o No) ----SI----
 Macro-Resuts' ----APROBADO SEGUN ASEME QW 183----
 Resultado de la Macrografia
 Clock No Stamp No
 Reloj No Sello No
 Laboratory Test No.
 No. del informe del laboratorio

We certify that the statements in this record are correct and that the welds were prepared, welded and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code
 Certificamos que el contenido de este informe es correcto y que las soldaduras han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del código ASME Sección IX

Date/Fecha
 Signed
 Firma
 Approved by QA
 Aprobado por QA

Signed
 Inspector of
 Inspector de
 Date/Fecha
 Signed/Firma

- Ensayo de tracción.
- Ensayo de plegado
- Ensayo de tenacidad.
- Ensayo de abatimiento.
- Ensayo de doblado y entorno
- Metalográficos y radiográficos.



Las probetas para las pruebas de calificación deben removerse como se ilustra en la fig. 2.3 .

Las especificaciones del procedimiento, mencionados anteriormente, el procedimiento de soldadura y los resultados de los ensayos efectuados pueden ser escritos en formatos como los presentados en 3 y 4, y luego deben ser presentados a la Fiscalización para su aprobación.

2.1.3 CALIFICACION DE SOLDADORES Y OPERADORES DE SOLDADURA.

La calificación de un soldador se llevará a cabo según la especificación de soldadura correspondiente (WPS) . Para la calificación de un soldador se deben tomar en cuenta las variables fundamentales que pueden dificultar la realización de la soldadura, incluyendo por tanto, el diseño de la unión, espesores de base, los metales de aporte, las posiciones de soldeo, etc...

En el caso de operadores, la única variable esencial es el proceso de soldadura.

Para la calificación de un soldador se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Un soldador está calificado para cualquiera de los aceros aprobados si pasa la prueba .

- Para la soldadura manual con arco metálico protegido debe usarse la clasificación apropiada de electrodos. La calificación, con cualquiera de los electrodos presentados en la tabla XI , calificará al soldador para cualquier electrodo que tenga la misma designación de grupo o una menor.

- Un soldador calificado con una combinación aprobada de electrodo y medio de protección califica también para cualquier otra combinación aprobada para el mismo proceso semiautomático que se usó en la prueba de calificación. En la tabla XII aparecen los tipos de junta y posiciones de soldadura que se califican con cada prueba.

- El soldador que toma y pasa una prueba de calificación de procedimiento queda calificado también para ese proceso y posición de prueba para placas de espesor igual o menor que el de la placa que soldó en la prueba. En el caso de espesor de 1 pulgada u otro mayor, la calificación es aceptable para todos los espesores.

El tipo y número de probetas para ensayos mecánicos que deben ser efectuados y los rangos de espesores calificados son mostrados en la tabla XIII.

TABLA XI

CLASIFICACION DE ELECTRODOS REVESTIDOS PARA SOLDADURA
DE ARCO (REF. 8)

GRUPO	CLASIFICACION DEL ELECTRODO
F4	EXX15 EXX16 EX18
F3	EXX10 EXS11
F2	EXX12 EXX13 EXX14
F1	EXX20 EXX24 EXX27 EXX28

TABLA XII

POSICION Y TIPO DE SOLDADURA QUE SE CALIFICA (REF. 7)

POSICION DE PRUEBA	PRUEBA DE ESPESOR ILIMITADO * Y LIMITADO **	PRUEBAS DE SOLDADURA DE FILETE **
SOBRECABEZA OH	F Y OH DE RANURA	F, H y OH DE FILETE
VERTICAL V	F . H y V DE RANURA	F, H y V DE FIELTE
HORIZONTAL H	F y H DE RANURA	F y H DE FILETE
PLANA F	F DE RANURA	F DE FILETE

* CALIFICA PARA SOLDADURAS DE RANURA Y FILETE EN MATERIAL DE ESPESOR ILIMITADO.

** CALIFICA PARA SOLDADURAS DE RANURA EN MATERIAL DE ESPESOR NO MAYOR DE 3/4 DE PULGADA Y PARA SOLDADURAS DE FILETE EN MATERIAL DE ESPESOR ILIMITADO.

*** CALIFICA PARA SOLDADURAS DE FILETE EN MATERIAL DE ESPESOR ILIMITADO.

TABLA XIII
NUMERO Y TIPO DE PROBETAS A ENSAYAR Y RANGO DE
ESPESORES CALIFICADOS.- CALIFICACION DE SOLDADORES (REF. 7)

ENSAYOS SOBRE PLANCHAS									
TIPO DE SOLDA-DURA	ESPEJOR DE PLANCHA T(Pulg)	INSPEC. VISUAL	ENSAYO DE FLEXION			NUMERO DE PROBETAS		ESPEJOR DE PLANCHA CALIFI - CADO	
			CARA	RAIZ	LATERAL	ROTURA MACROGRAFICA			
RANURA	3/8 <T>1	SI	----	---	2	---	---	T/2 a 2T	
RANURA	1	SI	---	---	2	---	---	ILIMITADO	
OPCION - 1	1/2	SI	---	---	---	1	1	ILIMITADO	
OPCION -	3/8	SI	---	2	---	---	---	ILIMITADO	

FORMATO 5

Manufacturer's Record of Welder or Welding Operator Qualification Tests Certificado de ensayos de Calificación de Soldadores

Welder Name Clock No Stamp No
 Nombre del Soldador No. de reloj No. de Sello
 Welding Process SAW Tipe AUTOMATICA
 Proceso de Soldadura Tipo
 In accordance with Welding Procedure Specification (WPS)
 De acuerdo con el procedimiento de soldadura
 Backing (QW-402)
 Soporte
 Material (QW-403) Spec. ... A36 to of P No (1) to P No
 Material Espec
 Thickness Range 11mm Dia Range
 Margen de espesor Margen de diámetro
 Filler Metal (QW-404) Spec. No. F No 6
 Metal de aportación
 Other
 Otros
 Position (QW-405) 1F
 Posición 1G,2G,6G
 Electrical Characteristics (QW-409) Current CONTINUA Polarity DCEP
 Características eléctricas Corriente Polaridad
 Weld Progression (QW-410)
 Secuencia de soldadura



FOR INFORMATION ONLY SOLO PARA INFORMACION

Filler Metal Diameter and Trade Name 1/8 EM12K -F7A2
 Diámetro del metal de aportación y marca comercial
 Flux for submerged Arc or Gas for Inert Gas Shield Arc
 Flujo para Arco Sumergido o gas para soldeo con electrodo desnudo consumible o no (Tig y/o Mig)
 Welding
 Soldero

GUIBED BEND TEST RESULTS QW-462.2(a), QW-462.3(a), QW-462.3(b) RESULTADOS DE ENSAYO DE DOBLADO GUIADO

Type and Figure No. Tipo y Figura No.	Result Resultado	Type and Figure No. Tipo y figura No.	Result Resultado
P1 (Plegado Lateral)	Aprobado	P3 (Plegado Lateral)	Aprobado
P2 (Plegado Lateral)	Aprobado	P4 (Plegado Lateral)	Aprobado

Radiographic Results: For alternative qualification of groove welds by radiography in accordance with QW-304 and QW-305
 APROBADO.

Resultados radiográficos Para la alternativa de calificar una soldadura a tope por radiografía.
 Test Conducted by Laboratory- Test No
 Ensayo dirigido por Ensayo de Laboratorio
 per

FILLET WELD TEST RESULTS (See QW-464 (a), QW-464,4(b)) RESULTADO DE ENSAYO DE SOLDADURA EN ANGULO

Fracture Test
 Ensayo de rotura
 (Describe the location, nature and size of any crack or tearing of the specimen)
 (Describe el lugar, naturaleza y tamaño de las grietas o poros de la probeta)
 Length and Per Cent of Defects mm %
 Longitud y tanto por ciento defectos
 Macro Test-Fision
 Ensayo macrográfico-Fusión
 Appearance-fillet Size mm x mm Convexity or Concavity mm
 Apariencia -Garganta
 Test Conducted by Laboratory- Test No
 Ensayo dirigido por Ensayo de Laboratorio No
 per

Certify that the statements in this record are correct and that the test walks were prepared, welded and stated in accordance with the requirements of Sections IX of the ASME code
 Certificamos que el contenido de este informe es correcto y que las soldaduras han sido preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos del código ASME Sección IX.

Date/Fecha Signed
 Signed Inspector of
 Firma Inspector de

Los resultados de los ensayos para la calificación de soldadores, junto con las características de identificación del soldador, metal de aporte, tipo de inspecciones y resultados obtenidos se presentan en el formato 5.

2.1.4 ELABORACION DE PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.

Procedimiento Ultrasónico.

Este procedimiento define la metodología de los ensayos y criterios de aceptación en las inspecciones por ultrasonido de uniones soldadas. Este procedimiento se aplica a uniones soldadas a penetración completa en aceros al carbono de baja y media aleación e inoxidables, utilizados en fabricación y montaje de tuberías cuyo diámetro es superior a 508 mm y de espesores de hasta 12.75 mm.

Para la elaboración de este procedimiento se ha tomado las siguientes referencias:

- ASME, Sección V, Art. 5 y 23, Ed, 1992. Ensayos No Destructivos.
- ASME, Sección VIII, Div. 1. Ed., 1992. Recipientes a Presión.

a) Equipo:

Se utilizará un equipo de ultrasonido del tipo Impulso - Eco con frecuencias de Operación entre 1 y 5 Mhz que deberá reunir los siguientes requerimientos:

- Linealidad vertical de la pantalla: La pantalla del equipo presentará una linealidad vertical inferior a $\pm 5\%$, para una altura de pantalla calibrada entre el 20 y 80 % de la pantalla total.

- Linealidad del Control de Amplitud: Para ello se verificará que obtenido el eco del orificio situado a $T/2$, de un bloque básico de calibración, con un transductor angular. Sucesivos incrementos y reducciones en atenuación indicadas a continuación, deben caer dentro de los límites señalados.

INDICACION EN % DE ALTURA DE PANTALLA	dB. CAMBIO DEL CONTROL	LIMITES DE LA INDICACION EN % DE ALTURA DE PANTALLA
80%	- 6 dB	32 a 48 %
80%	- 12 dB	16 a 24 %
20%	+ 6 dB	64 a 96 %

- Linealidad Horizontal: Se comprobará en un campo de 100 mm de pantalla obteniendo los ecos procedentes de 25, 50, 75 y 100 mm sobre una probeta patrón.

- Resolución: El equipo debe ser capaz de definir de forma clara los ecos procedentes de tres reflectores próximos en la línea de la base de tiempos.

b) Transductores:

Serán de ondas longitudinales o transversales y la frecuencia de ensayo puede

variar entre 1 y 5 Mhz. Los transductores angulares serán de 45° , 60° y 70° dependiendo de los espesores de material y forma de la soldadura.

c) Verificación de la calibración del equipo: El equipo será comprobado :

- Al principio y final de cada inspección y será calibrado cuando el personal sea cambiado o se sospeche mal funcionamiento o se cambien baterías.

- Bloques de Calibración: Se utilizará el bloque V1 de IIW para la determinación de distancias en recorrido del sonido, punto de incidencia y ángulo. Los reflectores básicos de calibración para establecer el nivel primario de referencia, serán los de la fig. 2.4 , adjunta.

- Obtención del nivel primario de referencia curva DAC, transductores normales y angulares: Se utilizará el bloque básico de calibración de la fig. 2.4 adjunta. Se obtendrá el eco máximo del orificio que proporcione la respuesta mayor, ajustándose la ganancia para obtener un eco al 80 % de la altura de la pantalla marcándose este punto.

Sin variar la ganancia se marcarán los ecos máximos obtenidos en los otros orificios incluido el de $\frac{3}{4}$ T después de rebotar en la pared opuesto. Se unirán estos puntos para obtener una línea continua que será el nivel primario de referencia. La fig. 2.5 nos muestra la curva DAC.

d) Confirmación de la calibración: Debe incluir :

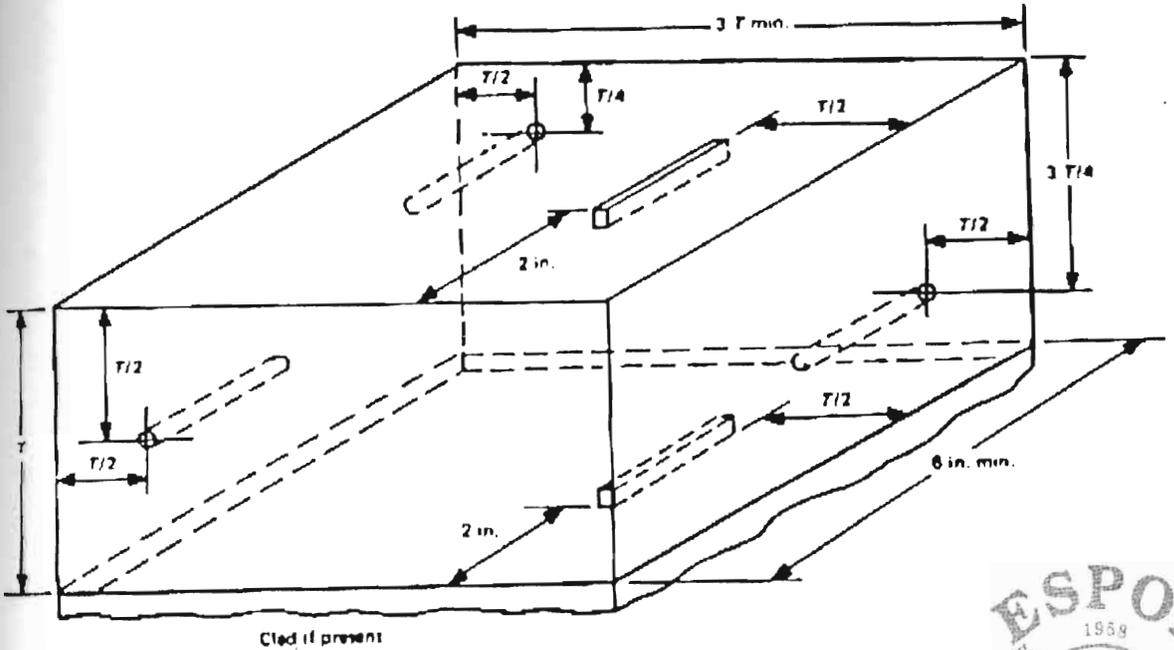


Fig. 2.4 (REF.7)
REFLECTORES BASICOS DE CALIBRACION

Espesor de Soldadura	Espesor de Bloque (T)	Orificio	Tamaño / Ranura
Menor de 1 plg	¼ plg	3/32 plg.	Ancho = 1/8 plg. a ¼ plg
Encima de 1 plg. hasta 2 plg.	1 ½ plg.	1/8 plg	Profundidad = 2 % T
Encima de 2 plg. hasta 4 plg	3 plg.	3/16 plg	
Encima de 4 plg. hasta 6 plg.	5 plg.	¼ plg	
Encima de 6 plg. hasta 8 plg.	7 plg.	5/16 plg	
Encima de 8 plg hasta 10 plg.	9 plg.	3/8 plg	

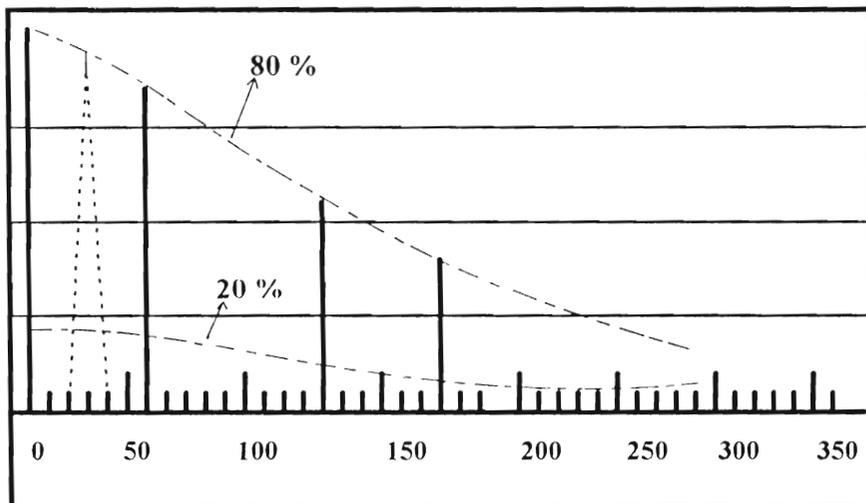


Fig. 2.5

**CURVA DISTANCIA AMPLITUD
(DAC)**

- Corrección de la calibración
- Corrección del ángulo de barrido
- Corrección de curva Dac.

e) Evaluación de las indicaciones:

Cualquier imperfección que cause una indicación en exceso de la curva DAC del 20% será investigada para determinar la forma, identidad y localización de dicho reflector , y para evaluarlo conforme a los siguientes criterios:

- Serán inaceptables las discontinuidades identificadas como fisuras, falta de fusión o penetración.
- Serán inaceptables indicaciones cuya amplitud supera el nivel primario de referencia del 20% y su longitud será mayor o igual a 6 mm para los espesores inspeccionados.

f) Informes:

Contendrán la siguiente información:

- Número de Procedimiento y Revisión.
- Material, espesor y altura de sobremonta.
- Superficie desde donde se efectúa la inspección.
- Estado de la superficie.
- Equipo y transductores utilizados.



- Datos de calibración.
- Medio de Acoplamiento.
- Localización de áreas evaluadas y de las indicaciones aparecidas.
- Firmas de responsabilidad.

Las muestras de los informes se adjunta en el Capítulo III.

Procedimiento de Inspección Radiográfico:

Este procedimiento define la metodología de los ensayos y criterios de aceptación en las inspecciones radiográficas de uniones soldadas. El procedimiento se aplica a uniones soldadas en acero al carbono e inoxidable y en espesores de hasta 16 mm, utilizadas en la fabricación y montaje de tuberías.

Los códigos de referencia que se han tomado para la elaboración de este procedimiento son:

- ASME, Sección V, Art. 2 , Ed . 1992, Radiographic Examination.
- ASME, Sección VIII, Div. 1, Ed. 1992, Pressure Vessels

a) Proceso:

- Método: Transmisión, situando la zona a radiografiar entre la fuente y la película.
- Preparación de superficies: La superficie a radiografiar y sus zonas adyacentes

deberán estar libres de marcas que puedan enmascarar o interferir en la correcta interpretación de la película.

- Fuente de radiación: Rayos gamma con Ir -192, con actividad min/max 20/90 Cu y tamaño de foco de 2.6 x 2.75 mm.

- Películas radiográficas y pantallas: Se usará película tipo 2 AGFA D7 o DUPONT NDT 65. de 70 mm de ancho. Las pantallas serán intensificadoras de imagen de plomo.

- Penumbra geométrica: Se determinará de acuerdo a la siguiente fórmula

$$Pg = \frac{F \cdot e}{D}$$

Siendo: F= Tamaño de la fuente

e= espesor del material

D= distancia fuente objeto.

El valor máximo de la penumbra geométrica se deducirá de la tabla siguiente:

Espesor del Material	Penumbra geométrica
e < 51 mm	0.5 mm
51 < e < 76 mm	0.76 mm
76 < e < 102	1.00 mm

- Distancia foco - película: Será la necesaria para cumplir con el punto anterior,

penumbra geométrica y además obtener la sensibilidad exigida en el ensayo. La distancia foco - película mínima será 50 cm.

- Densidad radiográfica: La densidad de película en la zona a inspeccionar será entre 2 y 4 para las radiografías tomadas con Ir - 192. En el caso de utilizar doble película, la densidad será entre 2.6 y 4, siendo la densidad mínima en cada película de 1.2. En la tabla XIV se muestra la máxima y mínima densidad que se pueden usar en las películas.

- Sensibilidad radiográfica: Incluye la selección de los indicadores de imagen, colocación de los indicadores, número de indicadores. En la tabla XV se presentan el indicador y el orificio esencial que se han de ver en la radiografía, en función del espesor del material.

b) Técnica radiográfica: Se empleará la técnica de simple pared - simple imagen en la cual la radiación pasará a través de una sola pared del objeto a radiografiar, obteniendo una sola imagen, la cual es interpretada en la radiografía para su aceptación o rechazo.

c) Procesado de películas: El procesado será manual. La secuencia de proceso será: revelado, lavado intermedio, fijado, lavado final y secado.

d) Criterios de aceptación o rechazo: Las secciones de las soldaduras que muestren en las radiografías cualquiera de los siguiente tipos de imperfecciones

TABLA XIV

RANGOS DE DENSIDAD RADIOGRAFICA (REF.7)

TECNICA PARA EVALUACION DE PELICULAS		
	SIMPLE	DOBLE
	RAYOS X	RAYOS GAMMA
MINIMO	1.8	2.0
MAXIMO	4.0	4.0
		2.6*
		4.0*

* INDIVIDUALMENTE MEDIDAS, LAS PELICULAS NO PODRAN TENER DENSIDADES INFERIORES A 1.3



TABLA XV

INDICADOR Y ORIFICIO ESENCIAL QUE SE OBSERVARIA EN UNA RADIOGRAFIA EN FUNCION DEL ESPESOR DEL MATERIAL (REF. 7)

ESPESOR DE MATERIAL	PENETRAMIENTO					
	LADO DE LA FUENTE		LADO DE LA PELICULA			
	INDICADOR	ORIFICIO	INDICADOR	ORIFICIO	INDICADOR	ORIFICIO
PARED SIMPLE						
(MM)						
HASTA 6.3 INCLUSIVE	12	2T	10			2T
MAS DE 6.3 HASTA 9.5	15	2T	12			2T
MAS DE 9.5 HASTA 12.7	17	2T	15			2T
MAS DE 12.7 HASTA 19,0	20	2T	17			2T
MAS DE 19,0 HASTA 25,4	25	2T	20			2T
MAS DE 25,4 HASTA 39,1	30	2T	25			2T
MAS DE 39,1 HASTA 50,8	35	2T	30			2T
MAS DE 50,8 HASTA 63,5	40	2T	35			2T
MAS DE 63,5 HASTA 101,6	50	2T	40			2T
MAS DE 101,6 HASTA 152,4	60	2T	50			2T

serán inaceptables:

- Cualquier indicación caracterizada como fisura, falta de penetración o falta de fusión.

- Cualquier otra indicación alargada con una longitud mayor de:

6 mm para "t" hasta 19 mm, inclusive

1/3 para "t" entre 19 y 57 mm, inclusive.

19 mm para "t" mayor de 57 mm.

Donde "t" es el espesor del metal base. En el caso de soldadura a penetración completa con soldadura en ángulo "t" será el espesor de la garganta.

- Cualquier tipo de escorias o poros alineados cuya suma sea mayor que "t" en una longitud de 12 veces "t", excepto cuando la distancia entre indicaciones sucesivas sea mayor que 6 veces "L", siendo "L" la longitud de la indicación mayor del grupo.

- Indicaciones redondeadas que superen a las especificadas en las Normas de Aceptación del Código ASME, sec. VIII, Apéndice 4 de la División I.

e) Informes:

Contendrán la siguiente información:

- Número de Procedimiento y Revisión.
- Códigos aplicados.
- Material, espesor y altura de sobremonta.

- Isótopo utilizado.
- Tamaño del foco.
- Distancia Fuente película
- Técnica de exposición, número de exposiciones y números de películas por exposición.
- Tipo de película y pantallas de plomo.
- Penetrómetro.
- Densidad.
- Localización e identificación de los elementos.



La muestra de los formatos de presentación del informe se adjunta en el Capítulo III:

Procedimiento de Líquidos Penetrantes.

Este procedimiento define la metodología de los ensayos y criterios de aceptación por medio de líquidos penetrantes. Este procedimiento de calificación interna a sido elaborado tomando en cuenta las siguientes referencias:

- Código ASME, sección V, Art. 6, Ed. 1992
- Código ASME, Sección VIII, Div- 1. Apéndice 8, Edición 1992.

a) Proceso: Para la inspección de uniones soldadas será recomendado MAGNAFLUX de penetrante y revelador SKD - NF como revelador. En la tabla XVI se presenta una lista de penetrantes, removedores y reveladores con su fabricante que pueden usarse para realizar este tipo de ensayo.

- Isótopo utilizado.
- Tamaño del foco.
- Distancia Fuente película
- Técnica de exposición, número de exposiciones y números de películas por exposición.
- Tipo de película y pantallas de plomo.
- Penetrómetro.
- Densidad.
- Localización e identificación de los elementos.



La muestra de los formatos de presentación del informe se adjunta en el Capítulo III:

Procedimiento de Líquidos Penetrantes.

Este procedimiento define la metodología de los ensayos y criterios de aceptación por medio de líquidos penetrantes. Este procedimiento de calificación interna a sido elaborado tomando en cuenta las siguientes referencias:

- Código ASME, sección V, Art. 6, Ed. 1992
- Código ASME, Sección VIII, Div- 1. Apéndice 8, Edición 1992.

a) Proceso: Para la inspección de uniones soldadas será recomendado MAGNAFLUX de penetrante y revelador SKD - NF como revelador. En la tabla XVI se presenta una lista de penetrantes, removedores y reveladores con su fabricante que pueden usarse para realizar este tipo de ensayo.

TABLA XVI

TIPOS DE MATERIALES QUE PUEDEN SER USADOS PARA INSPECCIONES CON LIQUIDOS PENETRANTES (REF. 7)

FABRICANTE	PENETRANTE	TIPO	ACONDICIONAMIENTO	REMOVEDOR	REVELADOR ACUOSO	ACONDICIONAMIENTO
MAGNAFLUX	5KL - NF5	B-3	2	A	SKD-NF	2
	SKL - WA	B-1		B		
MET_L_CHEK	VP-30 No.2	B-1		A	D-70	1 0 2
	VP-31 No. 2	B-3		B	No.3	
FOESTER IMADEN	VAG - 53	B-1	2	1	D-100	1 0 2
MAGNATECH	VA - 35	B-1	1 0 2	A	RU-71	1 0 2
	VS - 31	B-3		B		
GAUTEST	GVP-42	B-1	1 0 2	A	GD-31	2
	GVP-40	B-1		B		

A = AGUA

B = THINNER

2 = AEROSOL

1 = GRANUL

B-1 = REMOVIBLE CON AGUA
 B-2 = REMOVIBLE CON AGUA Y
 EMULSIFICANTE
 B-3 = REMOVIBLE CON SOLVENTE

- La superficie a ser ensayada y todas las áreas adyacentes, por lo menos dentro de 25 mm, deberán estar secas, sin grasa, óleo y libres de mordeduras, aberturas de arco, porosidades, inclusiones superficiales y otras irregularidades.

- Para limpieza de superficie será usado solvente Thinner 2800. para el secado deberá ser utilizado papel toalla limpio y seco.

b) Rangos de Temperatura para la superficie y para líquido penetrante: La temperatura deberá estar dentro de ciertos límites que se presentan en la tabla a continuación.

	Temp. máxima	Temp.min.
Superficie a ser examinada	16° C	52°C
Líquido penetrante	16° C	52°C

c) Modo de Remoción del Exceso de Líquido Penetrante: Se debe tener en cuenta las siguientes etapas:

- Remover el exceso de líquido penetrante de la superficie usando papel toalla limpio y seco.

- Para el caso de penetrante removible como agua se debe pasar papel toalla limpio y humedecido con agua, levemente sobre la superficie. Podrá ser usado para remover el penetrante, pulverizador de agua, donde la presión no deberá exceder de 345 Kpa.

- Para el caso de penetrante removible como solvente , se deberá pasar papel toalla humedecido con solvente (Thinner), levemente sobre la superficie.

- d) Modo y tiempo de secado antes de la aplicación del revelador: Antes del aplicar el revelador se debe aguardar un intervalo de tiempo no mínimo de 5 minutos.

- e) Modo y tiempo para aplicación del revelador: El revelador deberá ser aplicado por un tiempo que no deberá exceder 40 min y deberá obtener una camada fina y uniforme.

- f) Criterios de aceptación: Para que una superficie analizada sea aceptada, dicha superficie debe estar libre de:
 - Imperfecciones lineales relevantes.
 - Imperfecciones redondeadas relevantes mayor que 4.7 mm.
 - Imperfecciones redondeadas relevantes, en línea, separadas por 1.6 mm o menos.

2.1.5 CALIFICACION DE PERSONAL DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.

Para este trabajo la inspección no destructiva de las soldaduras y otros elementos deben ser conducidos por personal calificado y certificado de acuerdo al procedimiento de la Sociedad Americana de E.N.D: RECOMMENDED PRACTICE

No. SNT-TC-1A (Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing).

La calificación y certificación de personal de E.N.D. es un requerimiento muy importante para la ejecución correcta de la inspección ya que es reconocido que la efectividad en la aplicación de los E.N.D. depende de la capacidad del personal que es responsable y ejecuta dichos E.N.D.

Específicamente, en el caso de la inspección Radiográfica y Ultrasónica los procedimientos de calificación y certificación de personal deben ser realizados bajo el esquema SNT - TC - 1A. Dicho procedimiento establece dos niveles de calificación definidos de la siguiente manera:

NIVEL I: Ejecutar correctamente calibraciones específicas y ensayos específicos en el método de ensayo, evaluaciones específicas para aceptación o rechazo de acuerdo a instrucciones escritas y reporte de resultados. El personal de Nivel I recibirá la instrucción y supervisión de personal certificado de Nivel III.

NIVEL II: Puesta a punto y calibración de equipos, interpretación y evaluación de resultados con respecto a códigos, normas y especificaciones aplicables. El personal de Nivel II estará totalmente familiarizado con el alcance y limitaciones de los métodos para los cuales califica y asignará responsabilidades para entrenamiento en el trabajo y guía al personal de Nivel inferior. El personal de Nivel II estará capacitado para organizar y reportar los resultados del ensayo.

Finalmente el procedimiento de inspección Radiográfica y Ultrasónica establece que el personal que interprete y evalúe los resultados de las indicaciones reunirá los criterios de formación y competencias indicados en SNT - TC - 1A, Nivel I, Ed.1.984.

2.1.6 DESIGNACION DE PERSONAL DE CONTROL E INSPECCIÓN GENERAL

Antes de poner en práctica los procedimientos de control e inspección que se van a realizar en la fabricación de tuberías es necesario definir las responsabilidades, la autoridad y las relaciones entre todo el personal que dirige, realiza y verifica cualquier trabajo relacionado con la calidad, particularmente en aquellos de quienes se precisa independencia y autoridad para:

- a) Iniciar acciones de prevención para evitar productos defectuosos
- b) Detectar y registrar cualquier problema relacionado con la calidad de los productos.
- c) Iniciar, recomendar o presentar soluciones a través de los canales establecidos.
- d) Comprobar que una vez corregidas las deficiencias o incumplimientos en los productos anteriormente defectuosos, se despachen e instalen correctamente.

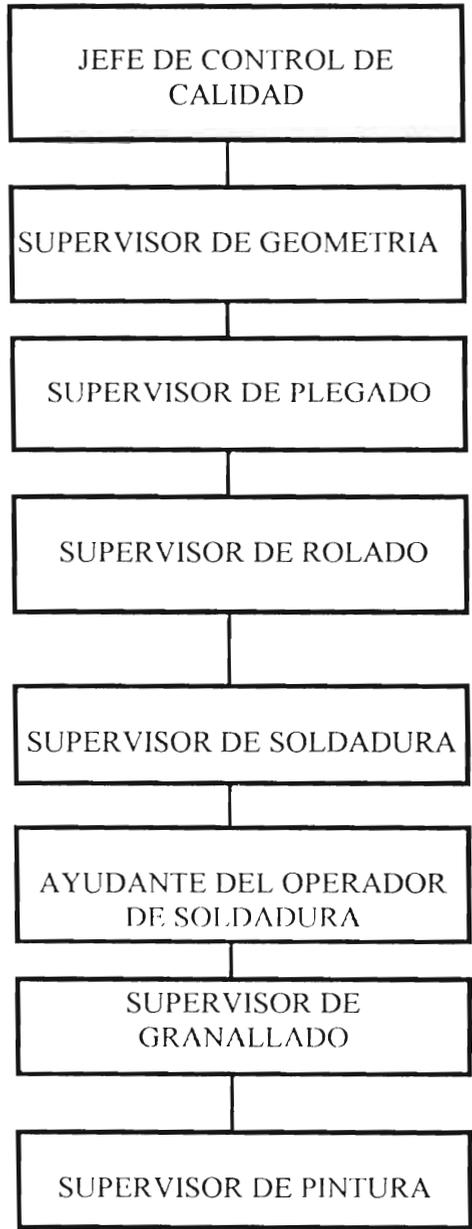
El personal relacionado con el sistema de calidad deberá estar debidamente

calificado en base a su formación y adiestramiento, o a su reconocida experiencia. Deberán conservarse los documentos relativos a la formación del personal.

Las actividades de verificación deben incluir inspecciones, ensayos y seguimientos al diseño, la producción, la instalación y el servicio; las revisiones del diseño y las auditorías del sistema de calidad , deberán efectuarse por personal independiente al que tiene una responsabilidad directa en su ejecución.

La dirección de la empresa deberá delegar en uno de sus directivos la autoridad y la responsabilidad suficiente para asegurar que los requisitos de calidad sean observados y permanentemente aplicados.

En el diagrama de la fig. 2.6 se observa la distribución del personal de control de calidad en el proceso de fabricación de tuberías metálicas.



**FIG. 2.6 DIAGRAMA DE DISTRIBUCION
DEL PERSONAL DE CONTROL DE CALIDAD EN
EL PROCESO DE FABRICACION DE TUBERIAS**

CAPITULO III

CONTROL DE CALIDAD DE FABRICACION.

3.1 REVISION DE MARCAS DE IDENTIFICACION DE PLANCHAS.

El Supervisor de Recepción de las Planchas deberá asegurar que las planchas adquiridas para la fabricación de tuberías, no podrán ser utilizadas o procesadas hasta que no se hayan realizado las inspecciones y controles necesarios para determinar su conformidad con las especificaciones. Esta verificación se ejecutará de acuerdo con el plan de calidad previsto y con los procedimientos escritos previamente definidos.

El control que debe hacerse para esta etapa de fabricación de tuberías es el de Revisión de las Marcas de Identificación de cada plancha respecto a su certificado. Estos certificados mencionados son los que vienen adjuntos con las planchas cuando se realiza un pedido a los fabricantes de las mismas.

De acuerdo a las especificaciones no es necesario ningún tipo de ensayo, salvo el control mencionado anteriormente.

Cuando se va a hacer uso de las planchas lo primero que hay que verificar es que la identificación de ellas coincidan con su certificado. La identificación de las

planchas es por medio de marcas en alto relieve comprendidas por un rectángulo de tinta amarilla, conteniendo las siguientes informaciones:

- fecha de fabricación
- número de serie en la fabricación (número de chapa dentro de la colada)
- espesor nominal.



Los certificados que vienen con las planchas de acero se presentan en el Anexo A; en ellos vienen especificados las características mecánicas del material, las composiciones promedio que sacan de cada colada y medidas de las planchas. Para cada colada viene también especificada la cantidad de planchas que resultan de ella. El formato 6 es una muestra del control de Revisión de marcas de las planchas respecto a su certificado.

Si por razones de urgencia, se utiliza un producto sin haber realizado la inspección de recepción correspondiente, éste se deberá identificar y registrar (Registros de Calidad) de tal manera que sea posible recuperarlo y reemplazarlo en caso de que se le compruebe cualquier incumplimiento con las especificaciones.

El hecho que en las especificaciones técnicas se establezca que el único control que debe hacerse en la recepción de planchas es el de control de documentos, no quiere decir que el comprador no tendrá derecho de verificar, en la planta del proveedor, que los productos comprados están conformes con los requisitos especificados. La verificación por parte del cliente, no exime al proveedor de su responsabilidad de entregar productos conformes.

FORMATO 6

				REGISTRO DE CHAPAS LIBERADAS			DE: INSPECCION MEP DESIGNACION TRECHO RECTO FECHA:	DOCU MENTO No.
No.	DIMEN SION	CALI DAD NOR MAL	CALI DAD	No. DE COLA DA	No. DE INSPEC CION	No. RE QUI SI TOS	CERTIFICA DO DEL COMPRA DOR	FECHA DE REVISION DEL CONTROLA DOR
01	9,5x3000 x8550	SAR. 55		550818	72232-01			
02	" " "	"		"	722332-02			
03	" " "	"		"	722332-03			
04	" " "	"		"	722333-01			
05	" " "	"		"	722333-02			
06	" " "	"		560988	722334-02			
07	" " "	"		"	722335-01			
08	" " "	"		"	722336-01			
09	" " "	"		"	722336-02			
10	" " "	"		540798	729250-01			
11	" " "	"		"	729250-02			
12	" " "	"		"	729250-03			

Además para asegurar que el producto cumple con las especificaciones deseadas sería aconsejable realizar una verificación en los locales del comprador, pero el proveedor no deberá considerar esta verificación como una evidencia de un control de calidad efectivo por parte del comprador.

3.2 CONTROL DIMENSIONAL PREVIO Y POST - CORTE.

El control dimensional ha sido elaborado en base a las especificaciones técnicas contractuales y de acuerdo al plan de aseguramiento de calidad, este trabajo debe ser hecho bajo la responsabilidad de un supervisor, que en este caso será el Supervisor de Corte.

El control dimensional previo al corte consiste en verificar:

- a) **Que la plancha está escuadrada:** Es decir que los ángulos se encuentren a 90°
- b) **Que la plancha cumpla con requerimientos de dimensiones:** es decir que debe de tener una holgura aproximadamente de 5 cm más de acuerdo a las medidas a las que tiene que ser cortada, o por lo menos el suficiente espacio requerido; si una plancha es más corta que la medida que se necesita, en alguno de sus lados, entonces no se justifica el corte y tiene que ser rechazada dentro del lote.
- c) **Si los bordes son cortados con soplete oxiacetileno,** se debe controlar



que se remuevan todas las irregularidades y escamas provenientes del corte por medio de esmerilado. La tabla XVII hace referencia a la alta calidad y exactitud del corte con oxiacetileno.

El control dimensional post - corte consiste en volver a medir las planchas una vez que se haya realizado el corte, para verificar que la plancha cumpla con las medidas requeridas. Los requerimientos son los siguientes:

a) La plancha puede ser aceptada al realizar el control dimensional siempre y cuando se encuentre dentro de los rangos establecidos en las tolerancias, el cual debe ser de $\pm L/1000$, donde L es la longitud de la plancha.

b) Verificar ambos lados de las planchas (inclinación de las caras); puesto que la plancha puede cumplir el requerimiento dimensional de un lado de la cara, pero no del otro lado.

De acuerdo a la instrucción técnica de tolerancia ya especificada, una plancha sólo puede ser aceptada en un rango de ± 1.5 mm en relación a la inclinación de las caras.

c) Las irregularidades en los extremos de las planchas serán permitidos dentro de un rango de ± 2 mm , la diferencia entre las dos diagonales de las caras de la plancha estará permitida dentro de un rango de ± 6 mm.

TABLA XVII

CORTE DE OXIACETILENO (MANUAL Y A MAQUINA) (REF. 9)

ESESOR, PLG.	1/4	1/2	1	2	4	6	8	10
VELOCIDAD (PLG/MIN) MANUAL	16-18	12-14-5	8-12	5-7	4-5	3-4	2-5-3.5	2-3
VELOCIDAD (PLG/MIN) MAQUINA	20-26	17-22	14-18	10-13	7-9	5-7	4-6	3-4
CONSUMO OXIGENO (PIE **3/ HR.)	50-90	90-125	130-200	200-300	300-400	400-500	500-650	700- 1000

Los rangos de tolerancia para el control dimensional de las planchas son presentados en la fig. 3.1.

Luego de haber realizado este tipo de control se procede a codificar las planchas de acuerdo a las especificaciones del plano, que es la misma para todo el proceso de fabricación.

Si el plano de fabricación especifica que los bordes de las planchas tienen que ser biselados, se deberá controlar que estos sean hechos a la medida correcta; caso contrario tienen que ser enteramente uniformes y presentar línea recta en toda su longitud.

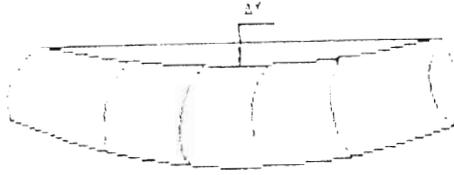
Para evitar problemas en las operaciones sub- siguientes como es el acoplamiento principalmente , se debe realizar un chequeo dimensional plancha por plancha.

El control dimensional implica gran cantidad de tiempo en su realización, sin embargo, evita que en puntos posteriores como lo es el acoplamiento de tubos, en la inspección final o cuando ya esté en línea la tubería, tenga que ser rechazada.

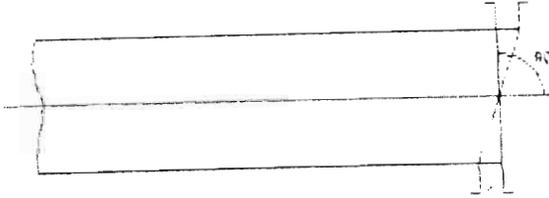
.3.3 CONFORMADO DE VIROLAS

Plegado

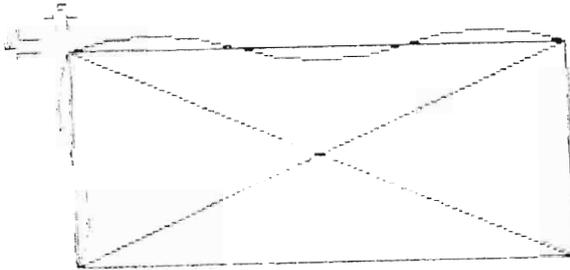
El método que se usará para pre - curvar todas las planchas es el plegado. En



A) LINEALIDAD $\Delta f < L / 1000$



B) INCLINACION DE LAS CARAS $X = 1.5\text{MM}$



C) CONTROL DE CHAPAS CORTADAS

$$\Delta DL = + DL / 1000 \quad \Delta L = + L / 1000$$

$$\Delta R = + R / 1000 \quad \Delta F = + 2\text{MM}$$



FIG . 3.1 RANGOS DE TOLERANCIA USADOS EN EL CONTROL DIMENSIONAL DE PLANCHAS

esta etapa se deberá controlar básicamente que la presión que se ejerce durante la prensa debe ser la suficiente para garantizar una curva exacta y uniforme en los bordes de las planchas. No se debe permitir el uso de martillos, ya sea para arreglar la conformación de las extremidades o para corregir deformaciones. (AWWA, Sec. 3.2).

Una manera de controlar que la curva sea exacta y uniforme es por medio de una plantilla semicircular. Esta plantilla tiene que ser cortada al mismo diámetro interior del tubo a fabricarse y una vez que se ha realizado el plegado de la plancha, debe ser colocada en el borde. Ambas tienen que coincidir. El rango de tolerancias aceptado para este tipo de control viene especificado en las tolerancias del capítulo I.

Las plantillas que se usan en este control de curvatura deben ser elaboradas con anterioridad como lo establece la norma ISO 9002 en el uso de equipos para inspección; por consiguiente debe existir una variabilidad de ellas a diferentes diámetros y hechas con la exactitud requerida.

Toda plantilla así como todo el equipo de inspección, medida y ensayo debe tener una marca apropiada o su respectivo registro que muestre su estado de calibración.

Además del control de curvatura se debe controlar que las superficies de las matrices de la plegadora, estén libres de astillas, escorias de metal u otro material que se

haya acumulado durante la operación, ya que si estas se incorporan a la superficie de los tubos, la consecuencia será la reparación del caso.

El control que se hace durante la operación de plegado de las planchas debe ser realizado por el supervisor de dicha sección.

Rolado

El Supervisor de rolado debe realizar:



a) Control de arranque: Porque de ello depende que la plancha tenga el diámetro deseado, ya que a medida que se va rolando la plancha tiene que soportar la deformación del peso de la misma. Para ir controlando la curvatura deseada, se puede hacer uso de las mismas plantillas anteriores para el mismo diámetro de tubo. En la fig. 3.2. se muestra el proceso de rolado para tuberías de acero.

Para evitar la deformación que pudiera existir por el peso de la plancha sería conveniente el uso de un apoyo rodante para que el mismo ayude a que la plancha siga sin deformarse; sobre todo cuando se trata de tubos de diámetro grande, ya que éstos tienden a caerse.

La función de este apoyo es disminuir la longitud de la viga permitiendo la formación de la circunferencia y debe ser colocado dependiendo del diámetro del tubo que vaya a fabricarse. Es por esta razón que el apoyo tiene que ser rodante.

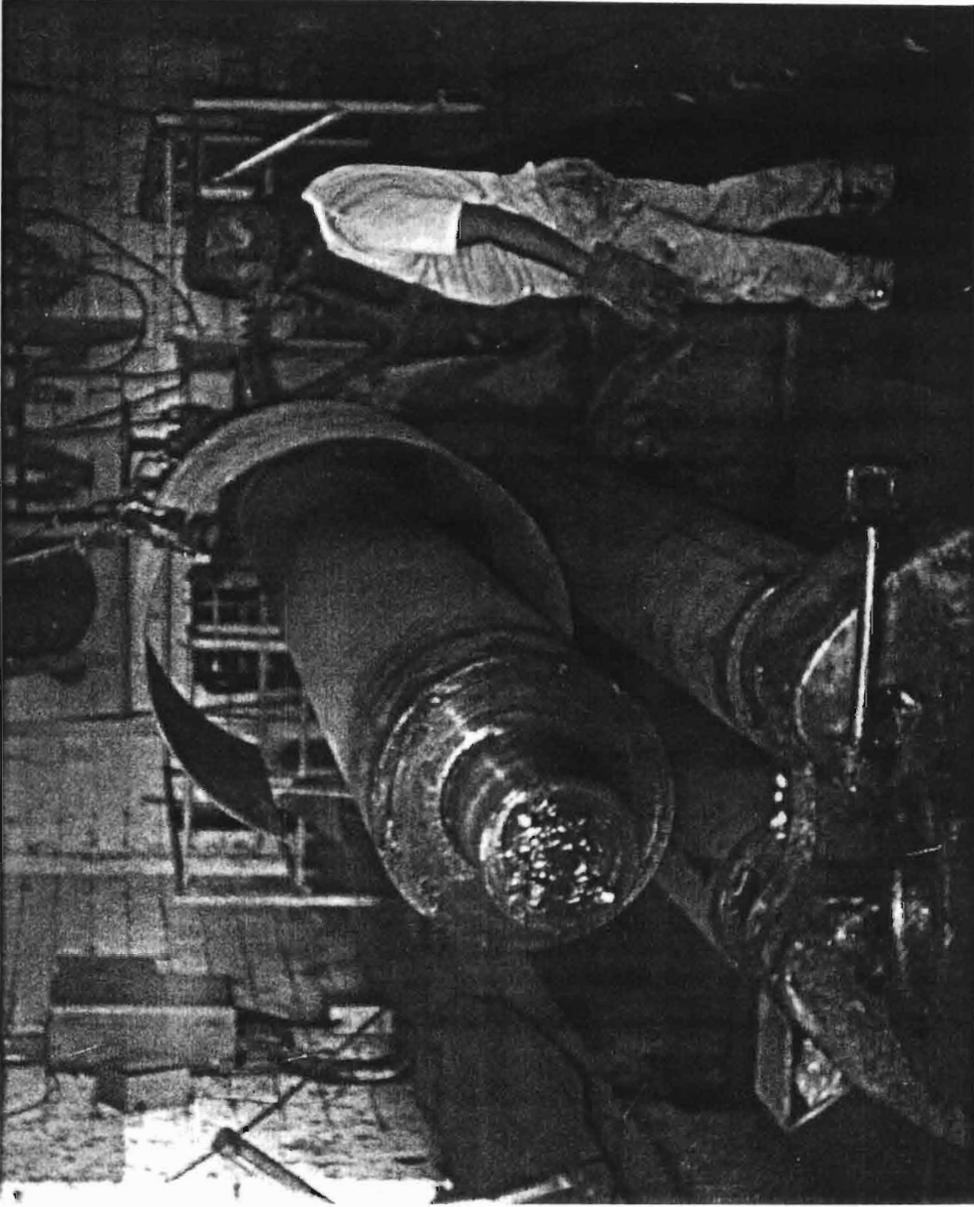


FIG. 3.2 PROCESO DE ROLADO EN TUBOS METALICOS

b) Control de limpieza: Consiste en verificar que han sido removido los cuerpos extraños acumulados durante el proceso de formación de los tubos a través del rolado.

c) Control de puntos de soldaduras: Una vez que ha sido rolada la plancha es necesario retener los bordes en una posición alineada; una manera de conseguirlo es empleando puntos de soldadura, siempre que el espesor de los mismos se funda completamente y se incorpore en el cordón de soldadura final, sin perjudicar su resistencia.

El método empleado debe producir un tubo acabado, con sección transversal circular en toda su extensión. El intervalo de puntos de soldadura en toda la longitud del tubo debe ser de 20 a 30 cm. La fig. 3.3 muestra la manera como son hechos los puntos de soldadura a los tubos.

Una vez realizados los puntos de soldadura nuevamente se debe proceder a realizar control de curvatura para comprobar que el tubo cumple con las especificaciones de diámetro interno requerido.

Si el supervisor de rolado comprueba que el tubo no tiene el diámetro deseado debe iniciar acciones correctivas para evitar su repetición. En este caso lo que se debería hacer es aumentar o disminuir la presión a la máquina, según sea el caso.

Un aumento de presión disminuye el radio de curvatura y viceversa.

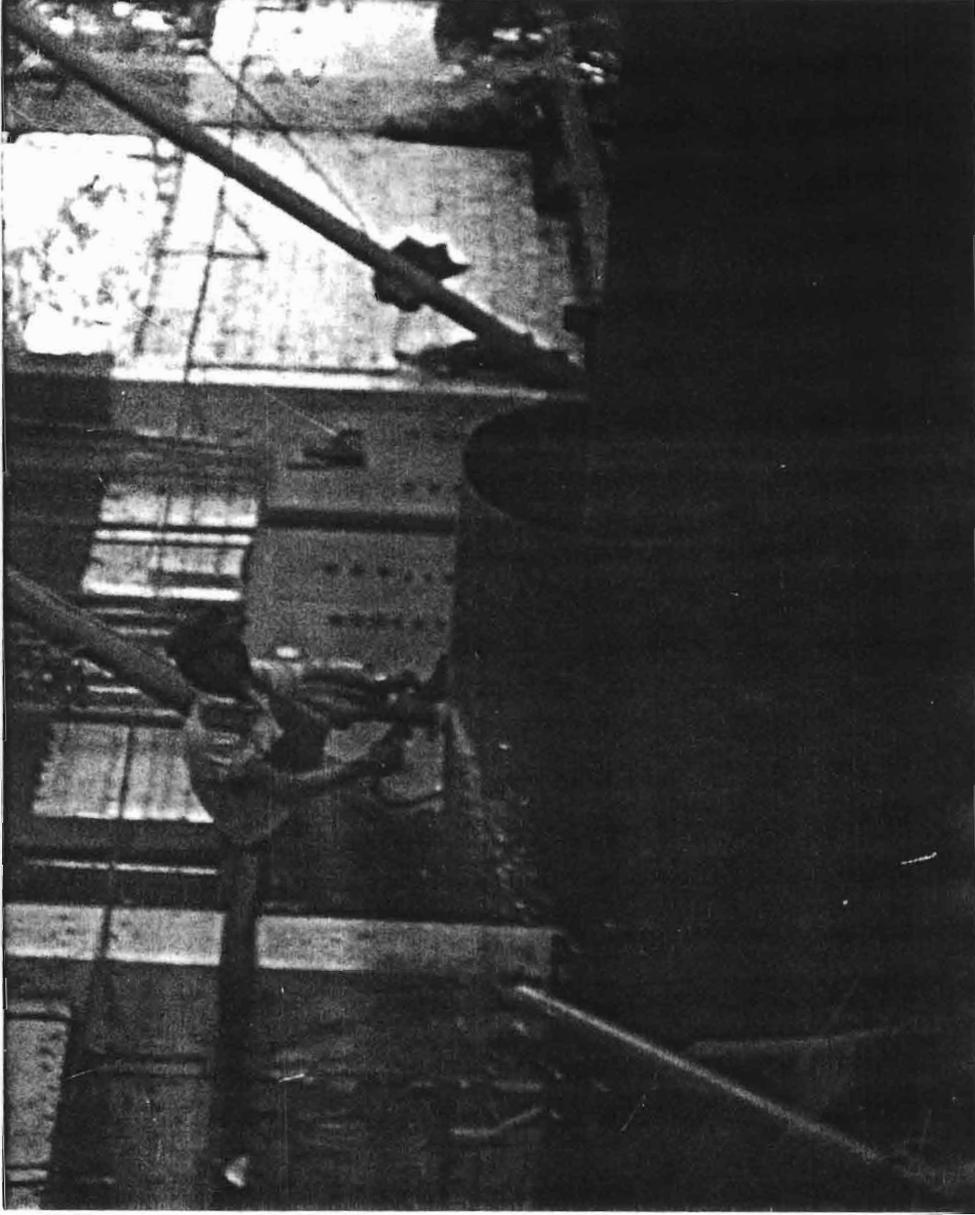


FIG. 3.3 ELABORACION DE PUNTOS DE SOLDADURA EN TUBOS METALICOS

3.4 CONTROL DE SOLDADURAS LONGITUDINALES

La soldadura longitudinal en los tubos debe ser razonable tanto en lo ancho como en lo alto; y esto será realizado por medio del proceso de arco sumergido; excepto que por acuerdos entre el comprador y el fabricante se aceptara la soldadura manual por procedimientos y soldadores calificados. Para garantizar la calidad de las soldaduras, es necesario realizar los siguientes controles:

a) Control de maquinaria: Es un control de calibración que debe realizarse diariamente a la máquina automática de soldar y que debe ser realizado por el mismo operador de la máquina. El operador antes de empezar a soldar debe controlar soldando una pequeña probeta, que se cumplen normalmente los parámetros de la máquina. Los parámetros que el operador debe controlar son voltaje, corriente, velocidad.

b) Control de las juntas preparadas: Este control debe ser hecho por el ayudante del operador de la máquina y debe ser realizado para cada tubo. El control es el siguiente:

- Control del bisel: Se debe controlar que el bisel para dicho tubo corresponda al que se requiere en el plano de fabricación y al procedimiento aprobado.
- Limpieza: Antes de iniciarse la soldadura, se deben limpiar completamente las superficies de todas las planchas a ser soldadas, removiéndose las escamas y la

herrumbre por medio mecánico adecuado, a una distancia nunca inferior a 1 " de las juntas de la plancha y, en caso de aceite o grasa, a distancia nunca inferior a 3 " de las juntas de las planchas y ambos lados de las planchas en el caso de juntas a tope.

- Control de temperatura de precalentamiento del material: Con el uso de un lápiz el ayudante del operador debe verificar que la temperatura de precalentamiento es la misma que la especificada en los procedimientos de soldadura respectivo, tanto para la soldadura interior como para la exterior.

c) Control de operadores de máquina: Este control es realizado por el supervisor de soldadura y consiste en verificar que el operador y sus ayudantes cumplan con el procedimiento establecido.

d) Control de soldaduras: Los tubos deben ser soldados interior y exteriormente. Se debe limpiar cuidadosamente cada aplicación de metal de soldadura depositada, antes que se realice otra aplicación en la superficie. Esta limpieza debe ser realizada sobre todo en los extremos del tubo donde se está aplicando la soldadura.

Las aplicaciones de soldadura superpuestas acabadas deben centrarse en la costura y la junta acabada no debe presentar depresiones, machaqueos, derrame, irregularidades resultantes de la soldadura, salvo el espesor excedente necesario.

Todas las soldaduras deben tener fusión completa con el metal de base y no deben



A) SOBREMEDIDA DE LA SOLDADURA $\Delta S = 0$



B) DESALINEACION DE LA UNION LONGITUDINAL
 $\Delta L = 1.0 \text{ MM}$



C) DESALINEACION DE LA UNION CIRCUNFERENCIAL
 $\Delta 2 < 1.6 \text{ MM}$

FIG. 3.4 MAXIMOS DE SALINEAMIENTOS DE LA SOLDADURA



presentar grietas, óxidos, adherencia de escorias ni porosidades. Una manera de lograr fusión completa es haciendo uso de corrientes bajas en la soldadura interior y corrientes más altas en la exterior, según lo especificado en los procedimientos.

El sobreespesor de las soldaduras no debe ser superior a 2 mm. Deberá removerse los que sobrepasen los 2 mm de altura, por medio de esmeril. Asimismo en todas las soldaduras longitudinales interiores del tubo, el sobreespesor no será mayor de 1.5 mm. Los máximos desalineamientos que se pueden aceptar en las soldaduras se presentan en la fig. 3.4.

3.5 ACOPLAMIENTO ENTRE VIOLAS: CONTROL DE SEPARACIÓN Y ALINEACION

Una vez formada la virola se debe proceder a colocar unos puntales interiores cuyo objetivo es el de mantener rígido al tubo para poder colocar los anillos de refuerzo.

La fig. 3.5 muestra la manera como deben ser colocados los anillos en las tuberías metálicas.

Estos puntales deben tener la misma medida que el diámetro del tubo. Los anillos de refuerzo pueden ser soldados por medios automáticos, excepto que por acuerdos entre el comprador y el fabricante, se aceptará la soldadura manual por procedimientos y soldadores calificados.



FIG.3.5 COLOCACION DE ANILLOS DE REFUERZO EN TUBOS METALICOS

El tubo así formado, es recibido por el supervisor de armado y en el momento de acoplar, la ubica de acuerdo al plano de fabricación. Antes de proceder a la soldadura debe realizarse los siguientes controles:

a) Control dimensional : Consiste en la verificación de que los anillos están colocados a la medida que se requiere y que la posición de la soldadura longitudinal sea la adecuada de acuerdo al eje de simetría.

b) Control de alineación: La alineación de los tubos se la debe hacer por medio de un bancal de acoplamiento, con canales, el mismo que debe ser alineado y nivelado cuando se hace el montaje de la fábrica.

El hecho que el bancal de acoplamiento esté alineado, no es garantía para asegurar que los tubos a acoplarse van a quedar a la misma altura, ya que este nivel va a estar influenciado por el peso, deformación y volumen del mismo tubo.

Para el espesor de la pared de la tubería de $3/8$ (9.5 mm) o menos, el balance radial máximo (desalineamiento) para la tubería de acero soldada por arco sumergido y autógena - metal no excederá de $1/16$ in (1.6 mm.); para cualquier tubería que tenga espesores mayores de $3/8$ in. (9.5 mm), el balance radial máximo no será excedido de $1/8$ in. (3.2 mm)

El balance debe ser medido con el equipo comercialmente disponible tal como un calibrador tipo Cambridge o un calibrador V- Wack y serán medidos por ambos

lados de los puntos de soldadura. El promedio de los dos valores serían usados como el valor equivalente.

La manera de solucionar el inconveniente de desalineamientos no permitidos es por medio de una gata hidráulica que será la encargada de poner en posición correcta los tubos.

b) Control de separación: Se debe asegurar que los tubos estén lo más próximos posible para asegurar una junta a tope completa. La distancia entre ambos no debe ser mayor a 2 mm para garantizar que no exista luz entre ambos tubos. Si por razones de conformado la junta queda abierta más de la cuenta (máximo 1 mm) se deberá dar un paso de fundeo o pase de raíz.

Antes de pasar a la estación de soldadura circunferencial, el tubo debe ser punteado en todas las uniones circunferenciales para poder ser trasladado, ya que no se lo puede soldar en el sitio de armado por estar en un bancal fijo.

3.6 CONTROL DE SOLDADURAS CIRCUNFERENCIALES.

Antes de procederse a soldar circunferencialmente interior y exteriormente, el supervisor de soldadura debe realizar los siguientes controles:

a) Control de Separación: El supervisor y los operadores deberán controlar que

las juntas estén lo más próximas posible, que no exista luz entre las juntas y el alineamiento de los tubos.

b) Control de las juntas preparadas: Este control debe ser hecho por el ayudante del operador de la máquina. El control es exactamente el mismo que para las soldaduras longitudinales y es el siguiente:

- Control del bisel.
- Limpieza de superficie.
- Control de temperatura de precalentamiento del material.
- Control de operadores de máquina.
- Control de soldaduras.

.Asimismo como en la soldadura longitudinal el sobreespesor de las soldaduras exteriores no debe ser superior a 2 mm y en las interiores del tubo, el sobreespesor no será mayor de 1.5 mm. La fig. 3.6 muestra la manera de soldar circunferencialmente un tubo por medio de una máquina automática de arco sumergido.

3.7 INSPECCION DE SOLDADURAS.

Para el control de las soldaduras, tanto longitudinales como circunferenciales, realizadas en taller o en obra se deben realizar inspecciones; para asegurar que las uniones soldadas de las tuberías satisfacen los requerimientos de los estándares de calidad.

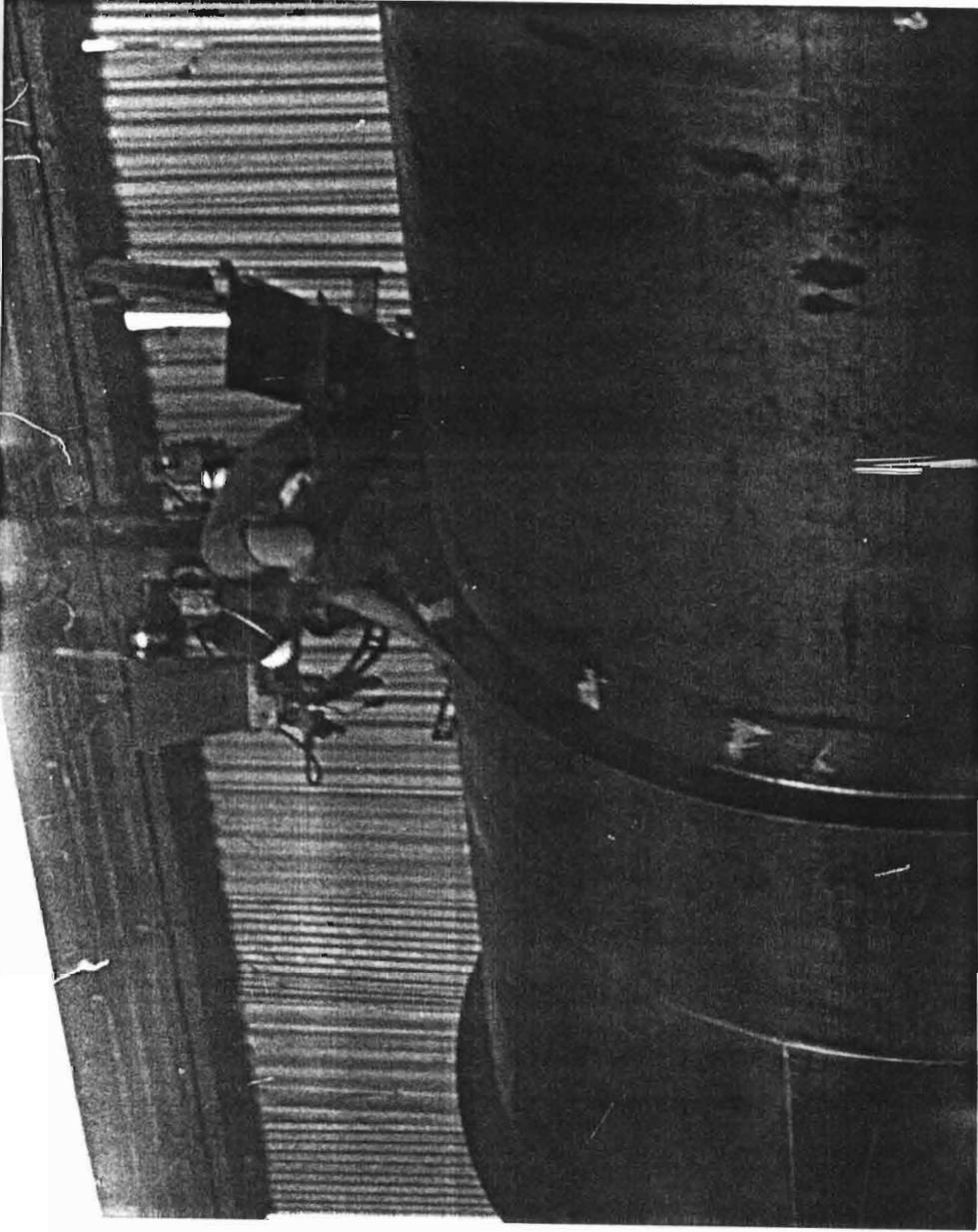


FIG. 3.6 SOLDADURA RADIAL DE UN TUBO POR MEDIO DE ARCO SUMERGIDO

3.7.1 VISUAL

La inspección visual es una de las técnicas que debe usarse para la inspección de las uniones soldadas de las tuberías, por ser fácil de aplicar, rápida, y de un costo relativamente bajo, así como porque proporciona información muy importante en relación con el cumplimiento general del conjunto soldado con los requerimientos de la especificación. La inspección visual se deberá efectuar antes de aplicar la soldadura, durante la labor de aplicación, y después de haberla terminado.

Antes de comenzar a soldar, el inspector debe revisar el material por soldar, en busca de defectos tales como costras, costuras, escamas, laminaciones en placa. Después de ensamblar las partes que han de soldarse, el inspector puede notar si hay aberturas incorrectas, preparación inadecuada de los bordes y demás características de preparación de la junta que pudieran afectar la calidad de la junta soldada.

Durante la aplicación de la soldadura, el inspector debe comprobar que se esté cumpliendo con todos los requerimientos de la hoja de procedimientos. Cuando se hacen soldaduras de varias pasadas, el inspector puede recurrir a una norma de calidad de la mano de obra. En la fig. 3.7 se indica la forma en que pueden prepararse tales normas.

Después de haber terminado la soldadura, el inspector debe verificar el conjunto soldado en busca de datos tales como:

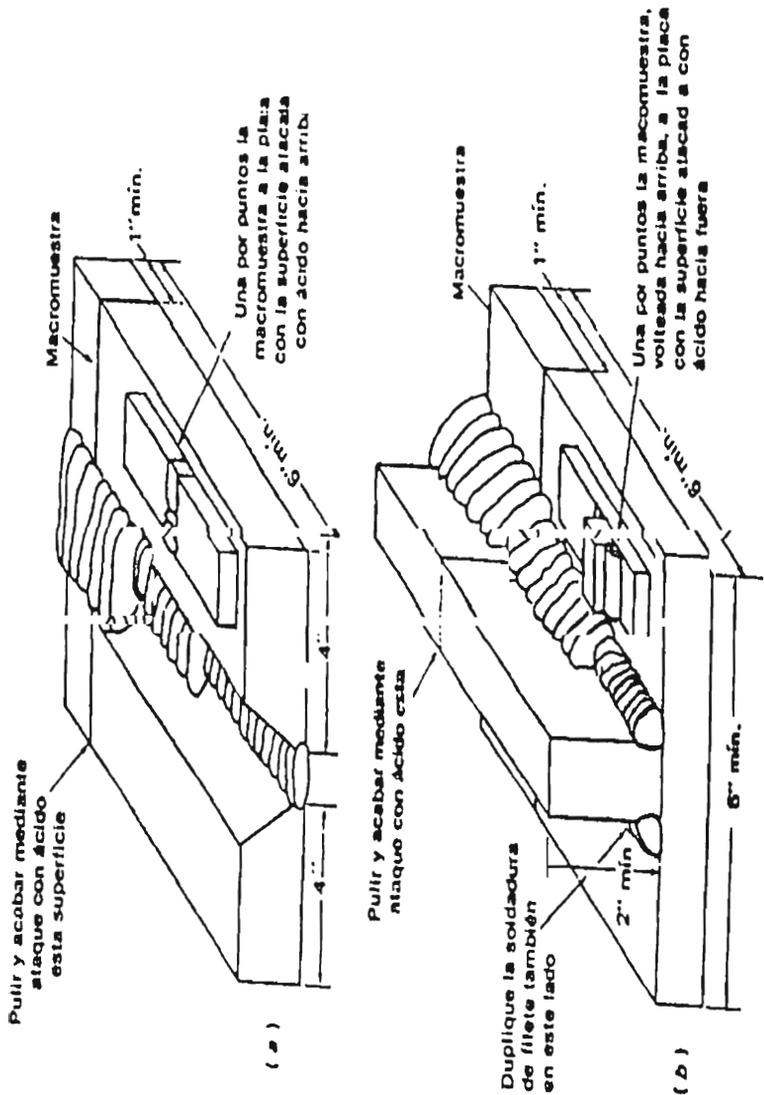


Fig. 3.7 (REF. 8)
NORMAS RELATIVAS A LA MANO DE OBRA DE APLICACION
A) SOLDADURAS DE RANURA; B) SOLDADURAS DE FILETE

- Exactitud dimensional del conjunto

- Aceptabilidad de las soldaduras respecto a aspecto, incluyendo conceptos tales como regularidad, rugosidad de superficie, y salpicaduras de soldadura.

- La presencia de cráteres vacíos, picadas, socavamientos, traslapes, y grietas. En la tabla XVIII se presenta las características del cordón, defectos, dimensiones y tratamientos.

El equipo necesario para realizar una inspección visual es el siguiente:

- Lente de aumento
- Calibrador de tamaños de soldadura
- Metro de bolsillo
- Regla de acero
- Normas de mano de obra de aplicación.

Los tipos de defectos que pueden ser reconocidos visualmente son:

- a) Fisuras: detectadas visualmente al menos que sean internas o muy finas. Asociada con excesiva corriente elevada, insuficiente ángulo del bisel y /o uniones altamente restringidas.

- b) Porosidades superficiales: son causadas por planchas sucias o con óxidos, electrodo húmedo, o críticas condiciones del arco.

TABLA XVIII

INSPECCION VISUAL DE UNIONES SOLDADAS (REF. 8)

APARIENCIA	DEFECTOS SUPERFICIALES	DIMENSIONALES	TRATAMIENTO
<ul style="list-style-type: none"> - REGULACION DE LA SUPERFICIE DEL CORDON - FORMA DE LA SOLDADURA 	<ul style="list-style-type: none"> - SOBREMONTAS - PROTUBERANCIA - SOCAVADO - FISURAS - CRATERES 	<ul style="list-style-type: none"> - TOLERANCIA - SOBRE ESPESOR DEL CORDON - EXTENSION DEL CORDON 	<ul style="list-style-type: none"> - REMOCION DE SALPICADURAS - REMOCION DE ESCORIA - REMOCION DE MATERIAL EXTRAÑO A LA SOLDADURA.

c) Inclusiones de escoria superficiales: Son indicios que la técnica falla. Asociada con la manipulación incorrecta del electrodo, o tamaño impropio del mismo.

d) Socavados: Resulta de una pobre selección de procedimientos, debido a electrodos demasiados grandes o corriente, voltaje o velocidad del arco excesiva.

3.7.2 ULTRASONIDO

La inspección por ultrasonido es uno de los métodos que deberán usarse en la inspección de las soldaduras de las tuberías. Este método es usado por el hecho de ser supersensible para detectar, localizar, y medir defectos tanto superficiales como subsuperficiales en las juntas soldadas.

Esta inspección por ultrasonido se basa en el hecho de que una discontinuidad o cambio de densidad actúa como reflector de las vibraciones de alta frecuencia propagados a través del metal de relleno. Las ondas sonoras viajan a través del material con alguna pérdida de energía y son reflejadas en la interfase. El haz reflejado es detectado y analizado para definir la presencia y localización de defectos.

Se dirigirá el haz, desde la superficie interna de las tuberías, en sentido aproximadamente perpendicular al eje de la soldadura desde los dos lados. Siempre que se pueda se desplazará el transductor de forma que el haz atraviese los volúmenes requeridos de soldadura y metal base adyacente, para la detección

de defectos paralelos a la soldadura.

Para detección de defectos transversales a la soldadura se deberá dirigir el haz esencialmente de forma paralela al eje de la soldadura desde el interior de las tuberías de modo que el haz barra los volúmenes requeridos de soldadura y metal base adyacente. Al terminar de examinar una parte de la soldadura se girará el transductor 180° y se deberá repetir el examen.

La figura 3.8 presenta una inspección por ultrasonido mostrando todos los tipos de movimientos del transductor.

Para realizar esta inspección se debe cuidar que el metal base a cada lado de la soldadura deberá estar libre de proyecciones, salpicaduras e irregularidades o materias extrañas que pudieran interferir en el examen. Si la superficie de la soldadura interfiere con el examen, ésta se deberá acondicionar para permitir el examen.

Para realizar el examen será usada como medio de acoplamiento grasa o cola celulósica.

- La velocidad de desplazamiento del transductor no será superior a 150 mm/seg y se traslapará un 10% del tamaño del cristal .



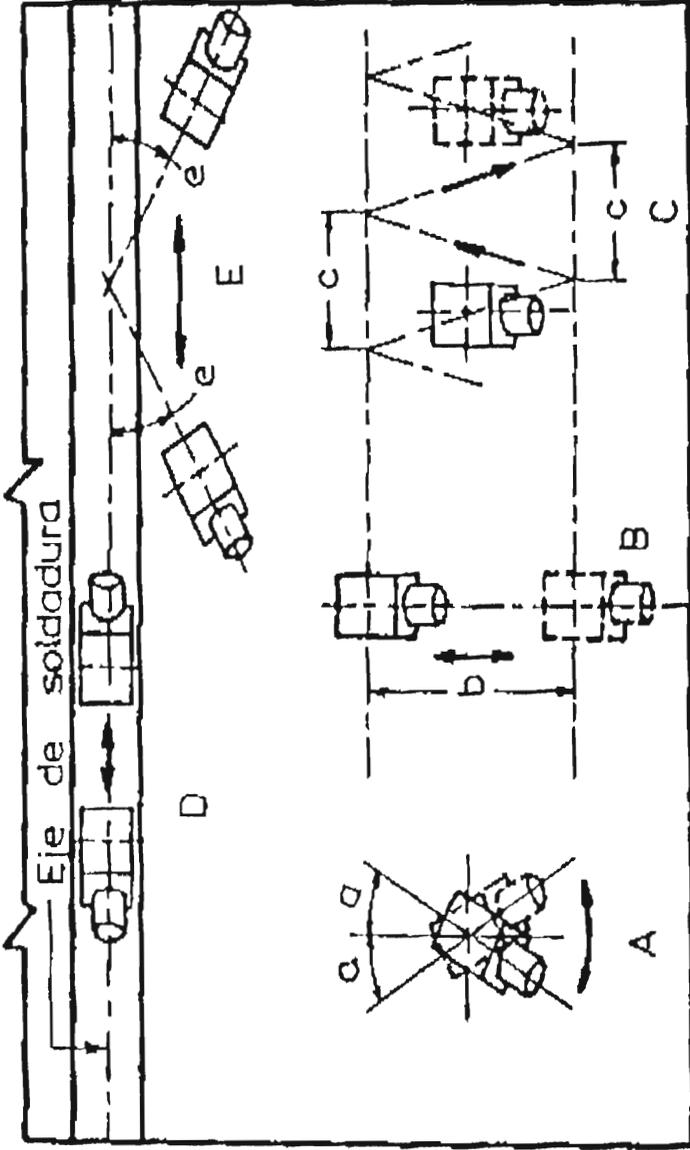


Fig. 3.8
INSPECCION POR ULTRASONIDO MOSTRANDO TODOS LOS
MOVIMIENTOS DEL TRANSDUCTOR (REF. 10)

- Previamente al examen de las soldaduras, una distancia entre un salto y medio salto, del metal base, será verificada con un transductor normal con una ganancia al menos doble que la del nivel primario de referencia.
- Tanto para transductores longitudinales como transversales , la exploración se realizará con una ganancia de 6 dB superior a la del nivel primario de referencia. La evaluación de los reflectores se realizará con la ganancia del nivel primario de referencia.

De acuerdo a las indicaciones de las especificaciones el porcentaje de inspección por ultrasonido que debe aplicar a los sifones en las soldaduras estructurales al tope y angulares con penetración total deberá de ser del 20% y para las tuberías de impulsión deberá de ser del 100%.

En los formatos 7 y 8 se presentan la elaboración del procedimiento ultrasónico para el sifón y la tubería de impulsión de los planos #1 y #2 y los resultados del ensayo para cada uno de ellos.

3.7.3 RADIOGRAFIA

La Radiografía Industrial es otra técnica no - destructiva que deberá ser usada en la determinación de la calidad de las soldaduras en las tuberías: Este método aprovecha la posibilidad que ofrecen las radiaciones de onda corta, como los rayos X y los gama, de penetrar a través de objetos opacos a la luz ordinaria.

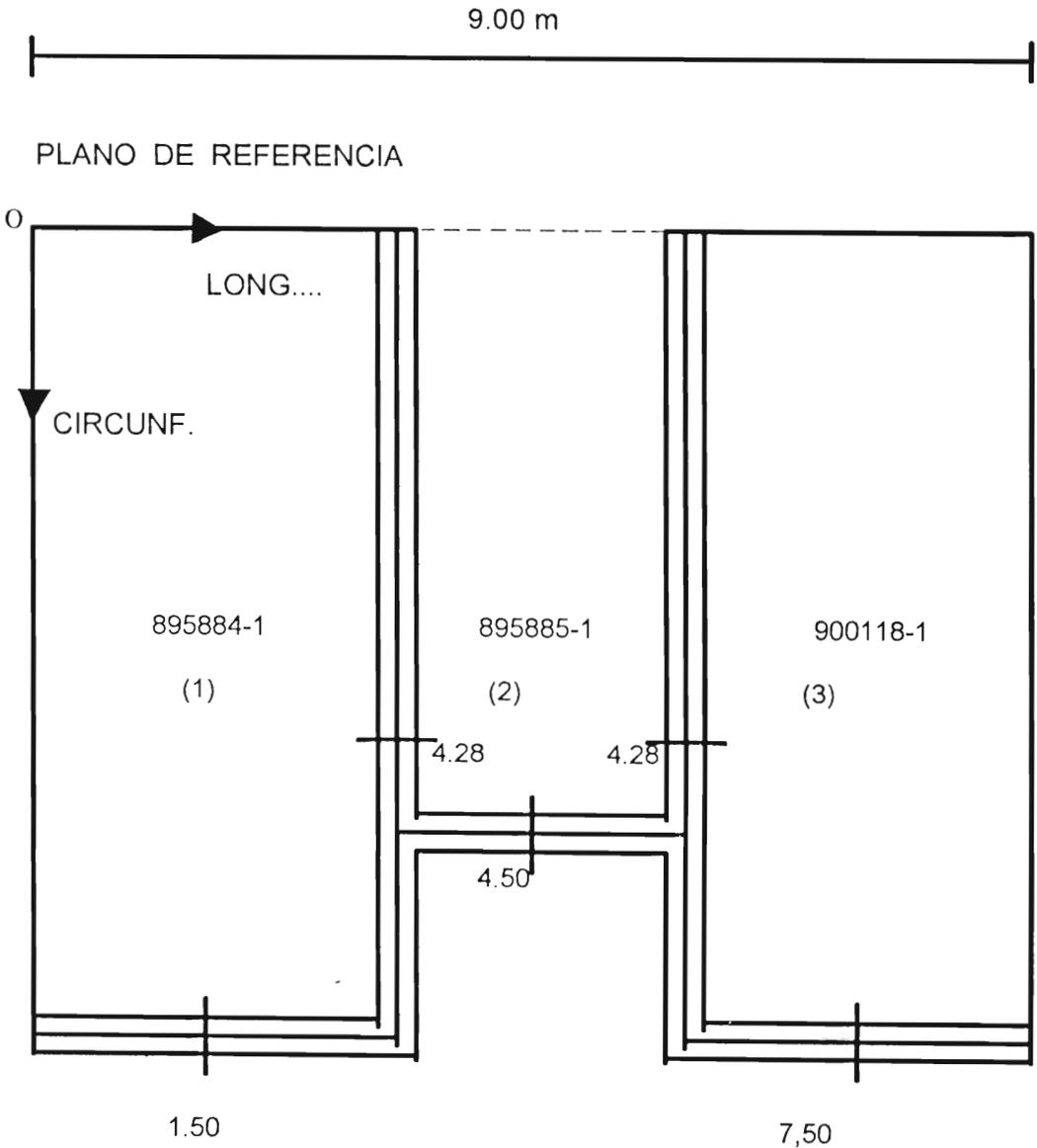


FORMATO 7

CLIENTE <p style="text-align: center;">COMINTECO</p>		PROYECTO <p style="text-align: center;">TUBERIA DE IMPULSION PLAN HIDRAULICO SANTA ELENA</p>	
INFORME No.	PROCEDIMIENTO	FECHA	No. DE PAGES. 3
INFORME DE INSPECCION ULTRASONICA			
INFORMACION GENERAL: <ul style="list-style-type: none"> • Equipo utilizado: KRAUTKRAMER - BRANSON ULS 38 • Transductores: Angulares 70°, 2.25 Mhz. Acoplante: Grasa Normal • Bloques de calibración: IIW y ASME básico. • Rango de calibración: 0 - 100 mm. * Ganancia de exploración: 66 dB • Ganancia de evaluación: 60 dB * Criterio de evaluación: 20% DAC <p>Norma aplicada: ASME Sec. V y Sec. VIII, Div. 1.</p>			
ELEMENTOS INSPECCIONADOS: Tubo No. 571 Ref. 450 <ul style="list-style-type: none"> • Material: Acero ASTM A 515- G70 espesor : 12.5mm • altura sobremonta: 2mm • • <u>SOLDADURAS LONGITUDINALES:</u> • Segmentos Inspeccionados: 100% = 9.00 m • • <u>SOLDADURAS CIRCUNFERENCIALES:</u> • Segmentos Inspeccionados: 100% = 17.12 m <li style="padding-left: 100px;">TOTAL = 26.12 m 			

ELEMENTOS INSPECCIONADOS DESARROLLADOS DEL TUBO

Se indica el No. de virola, plancha, ubicación longitudinal o circunferencial en metros del centro del segmento inspeccionado y del centro de los defectos (d), respecto al plano de referencia.



0= En arranque de soldadura longitudinal de la primera virola en sentido del flujo.



FORMATO 8

CLIENTE COMINTECO		PROYECTO SIFONES PLAN HIDRAULICO SANTA ELENA	
INFORME No.	PROCEDIMIENTO	FECHA	No. DE PAGS. 3

INFORME DE INSPECCION ULTRASONICA

INFORMACION GENERAL:

- Equipo utilizado: SONY MARK I
- Transductores: Angulares 70°, 2.25 Mhz. Acoplante: Grasa Normal
- Bloques de calibración: IIW y ASME básico.
- Rango de calibración: 0 - 100 mm. * Ganancia de exploración: 66 dB
- Ganancia de evaluación: 60 dB * Criterio de evaluación: 20% DAC

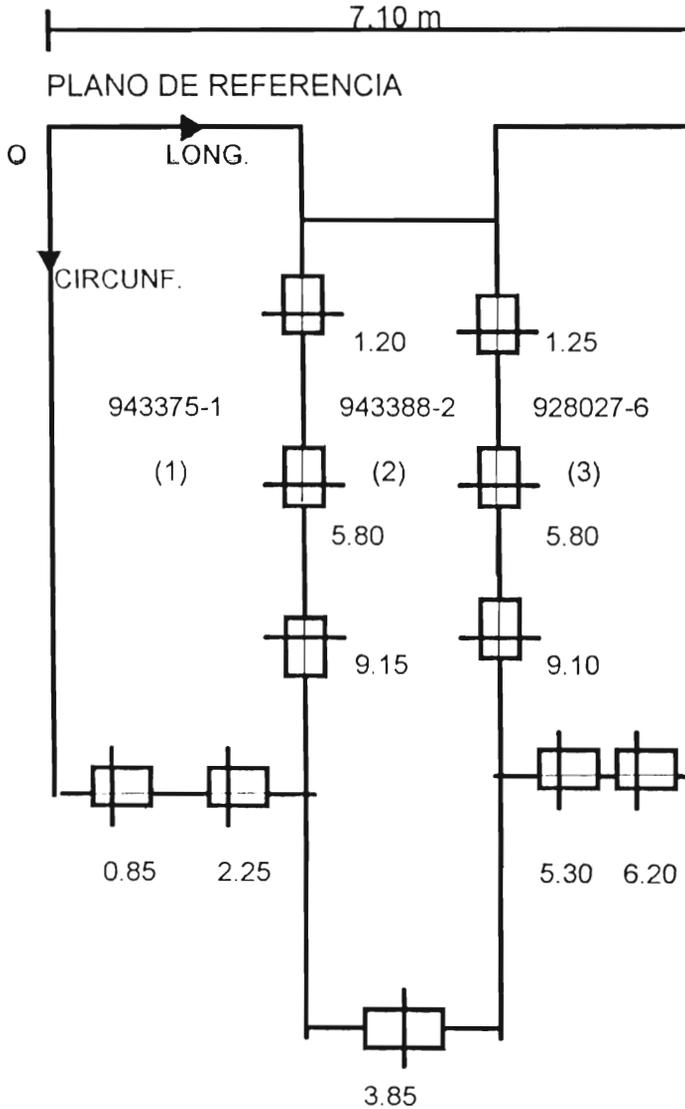
Norma aplicada: ASME Sec. V y Sec. VIII, Div. 1.

ELEMENTOS INSPECCIONADOS: Tubo 574 Ref. 190

- Material: Acero ASTM A 515- G70 espesor : 11 mm
 - altura sobremonta: 2mm
 -
 - **SOLDADURAS LONGITUDINALES:**
 - Virola 1: Segmentos Inspeccionados. 1.0x0.30 + 1 x 0.30 = 0.60 m
 - Virola 2: Segmentos Inspeccionados: 1.0x0.30 = 0.30 m
 - Virola 3 Segmentos Inspeccionados: 1.0x0.30 + 1x0.30 = 0.60 m
 -
 - **SOLDADURAS CIRCUNFERENCIALES:**
 - Virola 1 y 2: Segmentos Inspeccionados: 1x 0.70 + 1x0.70 + 1x0.70 = 2.10m
 - Virola 2 y 3 Segmentos Inspeccionados: 1x0.70 + 1x0.70 + 1x0.70 = 2.10 m
 -
- TOTAL = 5.70 m

ELEMENTOS INSPECCIONADOS DESARROLLADOS DEL TUBO

Se indica el No. de virola, plancha, ubicación longitudinal o circunferencial en metros del centro del segmento inspeccionado y del centro de los defectos (d), respecto al plano de referencia.



O= En arranque de soldadura longitudinal de la primera virola en sentido del flujo.

Si estos rayos encuentran una cavidad, como por ejemplo un poro de escape de gases en el interior de la soldadura, el haz de radiación tendrá menos metal que traspasar que en una soldadura sana. Consecuentemente, habrá una variación, que si se mide o registra en una película sensible a la radiación, dará una imagen que indicará la presencia del defecto.

Tomando como base las recomendaciones contenidas en el código ASME Sección V, Artículo 2, la técnica radiográfica más recomendable para la inspección de tuberías es la técnica de simple pared - simple imagen.

En esta técnica la radiación pasará a través de una sola pared del objeto a radiografiar, obteniendo una sola imagen, la cual es interpretada en la radiografía para su aceptación o rechazo. Se realizará un número adecuado de exposiciones para demostrar que se ha cubierto el radiografiado requerido, teniendo en cuenta que las placas han de solaparse un mínimo de 25 mm.

El tiempo de exposición se deberá establecer en función del tipo de isótopo, actividad de la fuente, distancia foco - película, tipo de película, espesor y tipo de material y densidad requerida.

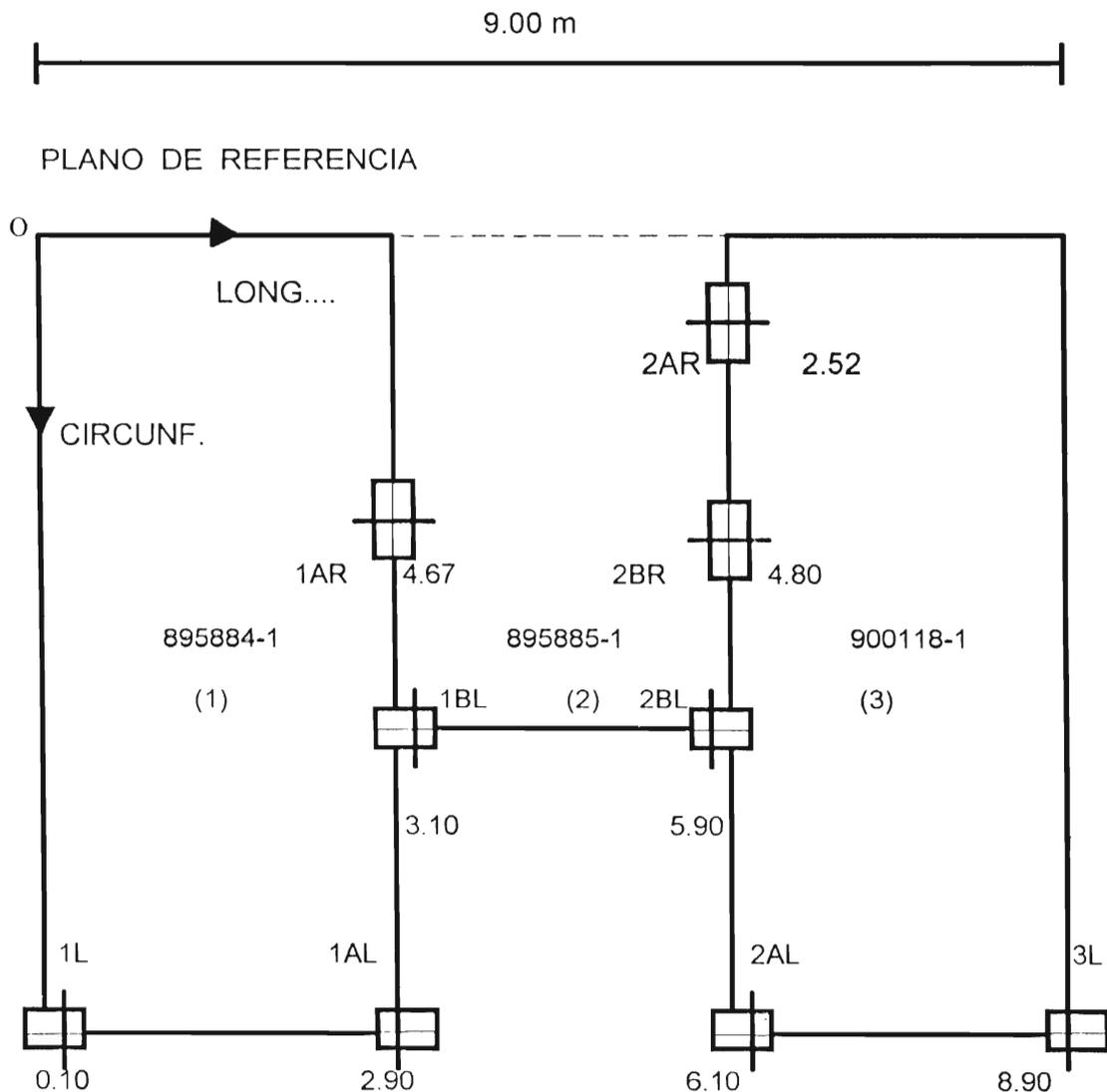
Las radiografías deberán mostrar, convenientemente distribuidas por su longitud, las siguientes marcas permanentes: número de contrato, componente, unión soldada, situación referida a un origen marcado en la pieza, nombre o abreviatura del fabricante y fecha de obtención.

FORMATO 9

CLIENTE COMINTECO		PROYECTO TUBERIA DE IMPULSION PLAN HIDRAULICO SANTA ELENA	
INFORME No.	PROCEDIMIENTO	FECHA	No. DE PAGS. 3
INFORME DE INSPECCION RADIOGRAFICA			
INFORMACION GENERAL:			
• Fuente de radiación: Iridio - 192		* Técnica: Simple pared/S. Imagen	
• Exposición: 42 Ci - min		* Penetrómetro: ASME No. 17	
• Películas: AGFA D7		* Pantalla de plomo: 0.027/0.027mm	
• Revelado: Manual		* Densidad observada: 2.0 - 3.0	
• Norma aplicada: ASME Sec. V y Sec. VIII, Div. 1			
ELEMENTOS INSPECCIONADOS: Tubo No. 571 Ref. 450			
• Material: ASTM A 515 -G70	espesor:	12.5 mm	
• altura sobremonta: 2mm			
•			
•			
SOLDADURAS LONGITUDINALES:			
• Virola 1	:	1 placa radiográfica = 0.30 m	
• Virola 2	:	2 placas radiográficas= 0.60 m	
• Virola 2 y 3:	:	2 placas radiográficas= 0.30 m	
• Virola 3	:	1 placa radiográfica = 0.30 m	
•			
SOLDADURAS CIRCUNFERENCIALES:			
• Virola 1 y 2	:	1 placa radiográfica = 0.30 m	
• Virola 2 y 3	:	2 placas radiográficas= 0.60 m	
TOTAL = 2.70 m			

ELEMENTOS INSPECCIONADOS DESARROLLADOS DEL TUBO

Se indica el No. de virola, plancha, ubicación longitudinal o circunferencial en metros del centro del segmento inspeccionado y del centro de los defectos (d), respecto al plano de referencia.



O= En arranque de soldadura longitudinal de la primera virola en sentido del flujo.

FORMATO 10

CLIENTE COMINTECO		PROYECTO SIFONES PLAN HIDRAULICO SANTA ELENA	
INFORME No.	PROCEDIMIENTO	FECHA	No. DE PAGS. 3

INFORME DE INSPECCION RADIOGRAFICA

INFORMACION GENERAL:

- Fuente de radiación: Iridio - 192
- Exposición: 42 Ci - min
- Películas: AGFA D7
- Revelado: Manual
- Norma aplicada: ASME Sec. V y Sec. VIII, Div. 1
- * Técnica: Simple pared/S. Imagen
- * Penetrámetro: ASME No. 17
- * Pantalla de plomo: 0.027/0.027mm
- * Densidad observada: 2.0 - 3.0

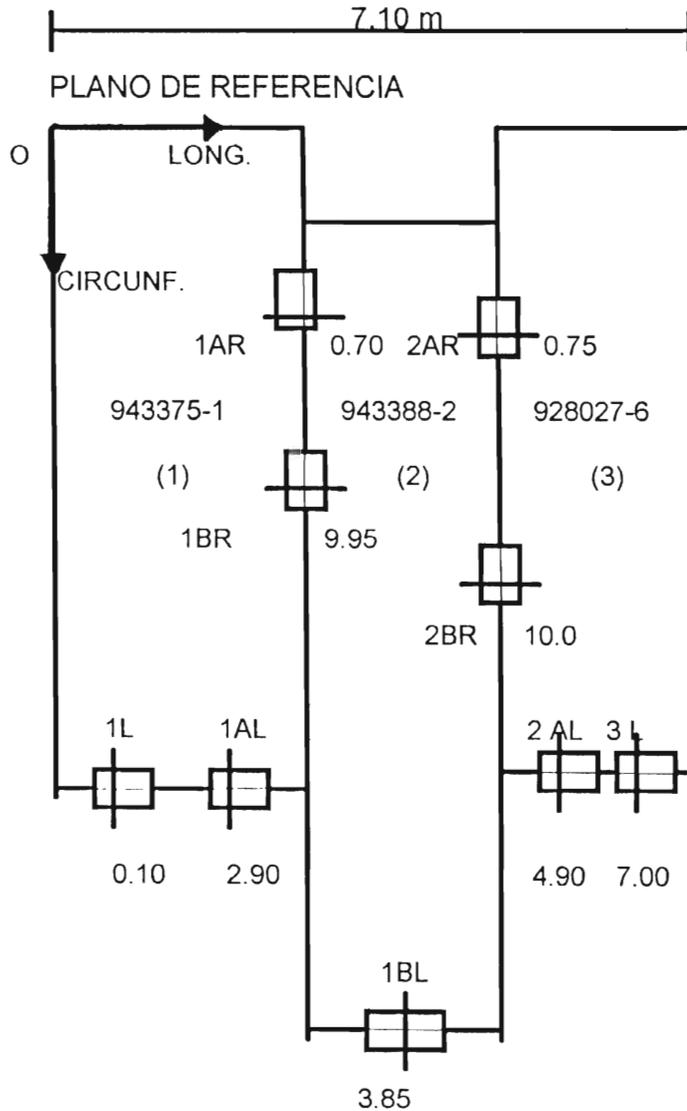
ELEMENTOS INSPECCIONADOS: Tubo 574 Ref. 190

- Material: ASTM A 515 -G70 espesor: 11 mm
- altura sobremonta: 2mm
-
- **SOLDADURAS LONGITUDINALES:**
- Virola 1 : 1 placa radiográfica = 0.30 m
- Virola 2 : 2 placas radiográficas= 0.60 m
- Virola 2 y 3: 2 placas radiográficas= 0.30 m
- Virola 3 : 1 placa radiográfica = 0.30 m
-
- **SOLDADURAS CIRCUNFERENCIALES:**
- Virola 1 y 2 : 1 placa radiográfica = 0.60 m
- Virola 2 y 3 : 2 placas radiográficas= 0.60 m

TOTAL = 3.00 m

ELEMENTOS INSPECCIONADOS DESARROLLADOS DEL TUBO

Se indica el No. de virola, plancha, ubicación longitudinal o circunferencial en metros del centro del segmento inspeccionado y del centro de los defectos (d), respecto al plano de referencia.



O= En arranque de soldadura longitudinal de la primera virola en sentido del flujo.

Las marcas de localización han de aparecer como imágenes radiográficas en la película, se colocarán sobre la pieza, marcándose permanentemente la posición sobre la superficie de la zona radiografiada, siempre que se pueda, de forma que se pueda localizar exactamente en la pieza la zona de interés de una radiografía, además de servir como evidencia que se ha examinado la región requerida.

Las marcas de localización se colocarán según lo dispuesto en el punto T -275 del Código ASME, Sec. V .

En caso de radiografías de reparaciones, estas se identificarán con la letra "R" además de las marcas anteriores.

El porcentaje de inspección radiográfica que se usará en la inspección en soldaduras estructurales al tope y angulares con penetración total será del 10% y 10% para el caso de inspección en tuberías de impulsión.

En los formatos 9 y 10 se presentan los procedimientos de inspección radiográfica para las tuberías de los planos 1 y 2 con los respectivos resultados de los ensayos.

3.7.4 LIQUIDOS PENETRANTES

La inspección de uniones soldadas por medio de líquidos penetrantes, es otro método de ensayo no destructivo usado, por ser una técnica favorecida para

localizar fallas en soldaduras que se encuentren a simple vista. Generalmente esta técnica se la usa en materiales no magnéticos.

La aplicación práctica de este método de ensayo es relativamente sencilla; además, al no requerir aparatos complicados no resulta costosa. El equipo que se usará para este método de ensayo ha sido especificado en el procedimiento de calificación en el capítulo II.

Las etapas básicas en un examen de este tipo se ilustra en el diagrama de flujo de la fig. 3.9 , y son las siguientes:

- Limpieza inicial: Una limpieza adecuada de la superficie a examinar es absolutamente necesaria si se desea obtener buenos resultados. La limpieza debe ser realizada con papel toalla y con los productos de limpieza mencionados en el procedimiento.

- Secado: Después de la limpieza y preparación de la superficies, éstas deben quedar completamente secas y libres de restos de cualquiera de los productos empleados en su limpieza antes de la aplicación del penetrante.

- Aplicación del penetrante: El penetrante debe ser aplicado por inmersión . El tiempo y temperatura deben ser las especificadas en el procedimiento.

- Eliminación del exceso de penetrante: Transcurrido el tiempo de penetración especificado en el procedimiento, es preciso eliminar el exceso de penetrante que



**FIG. 3.9: DIAGRAMA DE FLUJO
PENETRANTE LAVABLE CON AGUA.**

pueda quedar en la superficie. Esta eliminación deberá ser efectuada tomando las precauciones necesarias para reducir al mínimo las cantidades de penetrante que se pudieran extraer de las discontinuidades.

- Secado: Eliminado el exceso de penetrante y como operación previa a la aplicación del revelador, es preciso secar cuidadosamente las partes a inspeccionar.
- Revelado: El revelador se aplicará tan pronto como sea posible, una vez que el exceso de penetrante haya sido removido de la superficie a examinar. El intervalo de tiempo transcurrido entre la terminación de la eliminación del exceso de penetrante y la aplicación del revelador no será nunca superior al establecido.
- Observación: La indicación que se observará en la junta soldada es consecuencia de una discontinuidad que aflora a la superficie del objeto y señala su situación.

Tomando como referencia las especificaciones del proyecto , el porcentaje de inspección de líquidos penetrantes en soldaduras angulares estructurales será del 15 %.

3.8 CONTROL DE REPARACIONES

Cuando la Fiscalización encuentre deficiente una soldadura, en cuanto a su calidad



o la considere en desacuerdo con las prescripciones de las especificaciones, se debe remover la misma por medio de proceso adecuado y se la debe efectuar de nuevo.

Al removerse parcial o totalmente una soldadura por medio de corte o esmerilado, el corte o el esmerilado no deben alcanzar el metal base a un punto más allá de la profundidad de penetración de la soldadura. Tampoco se debe quemar o dañar el metal base.

Luego de esa operación, se debe remover el metal quemado completamente, hasta que los bordes de las planchas queden limpios, perfectos y preparados para la nueva aplicación de soldadura.

La nueva soldadura debe ejecutarse en las mismas idóneas condiciones que la soldadura primera y se controlarán posteriormente en longitud doble, como mínimo, por radiografiado, pudiendo repetirse estas fases hasta obtener la calificación admisible.

En la fig. 3.10. se muestra la reparación de una soldadura radial encontrada deficiente en una tubería.

Al final de la fabricación, el Contratista entregará un dossier con los " Certificados de Calidad" de todas las soldaduras de obra y taller. La repetición de ensayos mecánicos, o por ultrasonido, radiografía, etc., debido a trabajos defectuosos, será

FORMATO 11

CLIENTE COMINTECO		PROYECTO SIFONES PLAN HIDRAULICO SANTA ELENA	
INFORME No.	PROCEDIMIENTO	FECHA	No. DE PAGS. 3
INFORME DE INSPECCION RADIOGRAFICA			
INFORMACION GENERAL:			
• Fuente de radiación: Iridio - 192		* Técnica: Simple pared/S. Imagen	
• Exposición: 42 Ci - min		* Penetrómetro: ASME No. 17	
• Películas: AGFA D7		* Pantalla de plomo: 0.027/0.027mm	
• Revelado: Manual		* Densidad observada: 2.0 - 3.0	
• Norma aplicada: ASME Sec. V y Sec. VIII, Div. 1			
ELEMENTOS INSPECCIONADOS: Reinspección- Tubo 574 Ref. 190			
• Material: ASTM A 515 -G70	espesor: 11 mm		
• altura sobremonta: 2mm			
•			
• SOLDADURAS LONGITUDINALES:			
• Virola 1 y 2 : 1 placa radiográfica	= 0.30 m		
	TOTAL = 0.30 m		

1958
POLITECNICO NACIONAL
BIBLIOTECA GONZALO ZARULLOS
R.L. No. 47

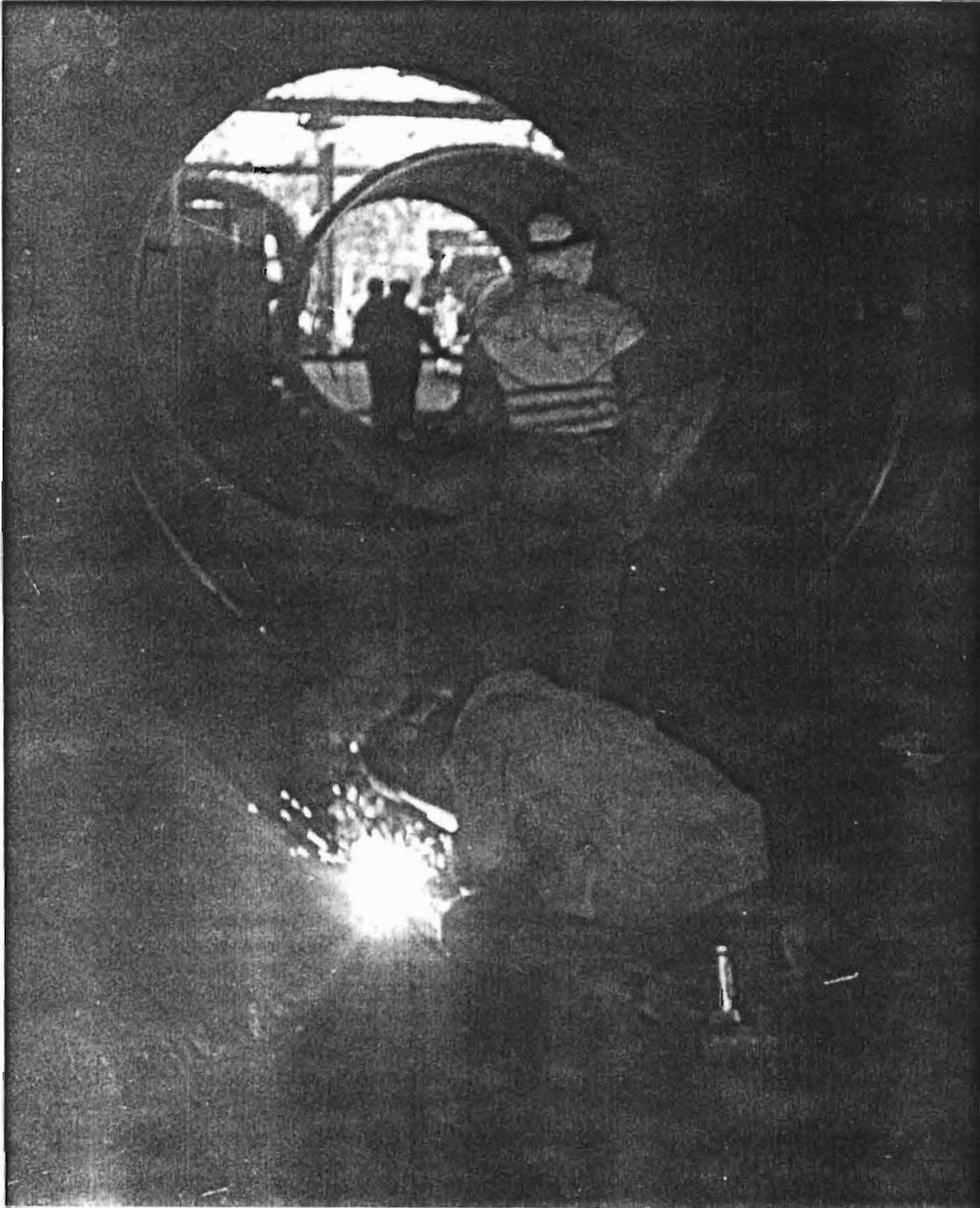


FIG. 3.10 CONTROL DE REPARACION DE SOLDADURAS

por cuenta y a cargo del contratista.

En el formato 11 se presenta la reinspección de la misma tubería encontrada deficiente, con sus resultados de ensayo.

Es obligación del Fiscalizador investigar las causas de los incumplimientos en cuanto a la calidad de la soldadura y tomar las medidas correctivas que deben aplicarse para evitar su repetición. Si la investigación refleja que hay que tomar acciones correctivas, es necesario registrar los cambios en los procedimientos ya establecidos.

3.9 ACABADO SUPERFICIAL

El control de calidad del acabado superficial deberá ser realizado, según las prescripciones de la norma ANSI / AWWA C 210 (AWWA Standar for Liquid Epoxy Coating Systems for the Interior and Exterior of Steel Water Pipelines).

3.9.1 LIMPIEZA

La limpieza de la superficie se realizará mediante chorros de arena, escoria de cobre o granalla metálica hasta conseguir una superficie libre de óxidos, escamas, depósitos sólidos, gotas de soldadura, escorias, y otros materiales extraños. El supervisor del granallado debe realizar las siguientes inspecciones:



a) Inspección antes del arenado: Esta inspección tanto interior como exterior del tubo consiste en asegurarse de que debe estar libre de lodo, asfalto, aceite, grasa, cera u otros materiales extraños. Si se encuentra que la superficie no está limpia, debe limpiarsela con paños limpios empapados de disolvente a base de alquitrán de hulla. No se permite el uso de otros tipos de disolventes y tampoco paños sucios. (Ref. 1).

b) Control de la temperatura de granallado: Se debe realizar un control horario de la temperatura de granallado, la cual deberá ser mayor de 13°C de acuerdo a AWWA C-210. Esta temperatura debe ser mantenida debido a que evita la distorsión del tubo cuando se le está aplicando los chorros de granalla.

c) Análisis comparativo visual: Antes de cualquier limpieza de óxidos, el contratista debe preparar un área representativa usando la misma granalla metálica en paneles de hierro (plantillas) en una superficie mínima de (6cm x 6 cm x ¼ cm) y de acuerdo a los requerimientos de la Sec. 3.3.2 (AWWA) con un espesor de 4 a 6 mil (100 a 150 micras). Estas plantillas sirven de referencia para un análisis comparativo de rugosidad y granulometría con la superficie del tubo.

La superficie del tubo debe quedar gris uniforme y será aceptada cuando esté cubierta por lo menos en un 95 % de cada cm^3 (645 mm^2) del área total.

d) Intervalo de tiempo entre la aplicación de la granalla metálica y la pintura: El supervisor de granallado además debe controlar que el intervalo de tiempo entre

la limpieza y el recubrimiento no debe ser mayor de 4 horas según las recomendaciones del fabricante. Un lapso de tiempo mayor implica una nueva limpieza de la superficie.

3.9.2 RECUBRIMIENTO



Anterior a la aceptación de las muestras de materiales de recubrimiento del fabricante, éstas podrían ser ensayadas en los laboratorios del comprador o en algún laboratorio comercial responsable designado por el comprador. Los costos de los ensayos podrían ser efectuados por el comprador.

Los ensayos requeridos para los materiales de recubrimiento para todo el sistema de recubrimiento son presentados en la tabla XIX y son realizados siguiendo los métodos de la Sec. 5 (AWWA C - 210).

- **Ensayo de Resistencia al doblamiento:** En este ensayo se debe presionar una cinta de 1 in (25 mm) enmascarándola al ancho completo de un panel de acero rolando en frío y limpiado con solvente de dimensiones de 3 in. x 6 in. Se debe cubrir el panel con epoxy, con el espesor recomendado por el fabricante. Se mide el espesor de recubrimiento con un dispositivo de espesor de película húmeda.

Inmediatamente después se debe remover la cinta enmascarada y poner de pie el panel en posición vertical en un cuarto condicionado a 75°F y examinar el panel

TABLA XIX

CARACTERISTICAS Y REPRESENTACION DE PROPIEDADES DE REVESTIMIENTOS (REF. 3)

PREPARACION	MINIMO	MAXIMO	METODO
1.- DOBLAMIENTO DE PELICULA		NINGUNO	SEC. 5.3.2.1 AWWA C210
RECUBRIMIENTO	MINIMO	MAXIMO	METODO
1.- DOBLAMIENTO DE PELICULA		NINGUNO	SEC. 5.3.2.1 AWWA C210
SIST. DE REVESTIMIENTO	MINIMO	MAXIMO	METODO
1. PENETRACION A 60° C		0.001 PULG	SEC. 5.3.2.2 AWWA C210
2. RESISTENCIA IMPACTO A 24°C ± 1° C		APROBADO	SEC. 5.3.2.3 AWWA C210
3. RESISTENCIA AGUA CALIENTE (24H) A (98°C ± 2°C)	APROBADO		SEC. 5.3.2.4 AWWA C210
4. AGUA EXTRAIBLE		0.5 MG/IN**2	SEC. 5.3.2.5 AWWA C210
5. INMERSION	APROBADO		SEC., 5.3.2.7AWWA C210
6. ADHESIÓN	APROBADO		SEC. 5.3.2.8 AWWA C210



después de 4 horas. Doblamiento o corrimiento del recubrimiento en el área escubierta podría constituir falla del ensayo.

- **Ensayo de Penetración:** Se debe preparar paneles rolados en frío de 4 in. x 6 in. haciendo limpieza con granalla, con el recubrimiento, y espesor especificado por el fabricante. Este ensayo debe ser realizado a 140°F y la penetración debe ser de máximo 0.01 in.

- **Ensayo de Resistencia al Impacto:** Se debe preparar, recubrir y curar 3 paneles de acero. La resistencia al impacto directo podría ser determinado a 75°F ± 2°F usando un ensayador de impacto Gardner con un anillo incrustado teniendo una abertura de 0.64 in. Se ejecuta 3 impactos con 20 lbf/plg. Luego se debe inspeccionar las áreas impactadas usando un detector de esponja húmeda teniendo cuidado que no ocurra cortocircuito.

Líneas de esfuerzo y ruptura no deben extenderse a través del metal. Las grietas que penetran a través del metal en más de una de las tres áreas impactadas podrían constituir falla del ensayo. Desunión en las áreas impactadas no deben ser mayores a 1 in**2.

- **Desunión catódica:** Deben ser ensayadas 5 muestras y el área de desunión debe ser calculada. Los valores más altos y bajos pueden ser descartados y el área de las tres muestras de ensayo restantes deben ser promediadas. El

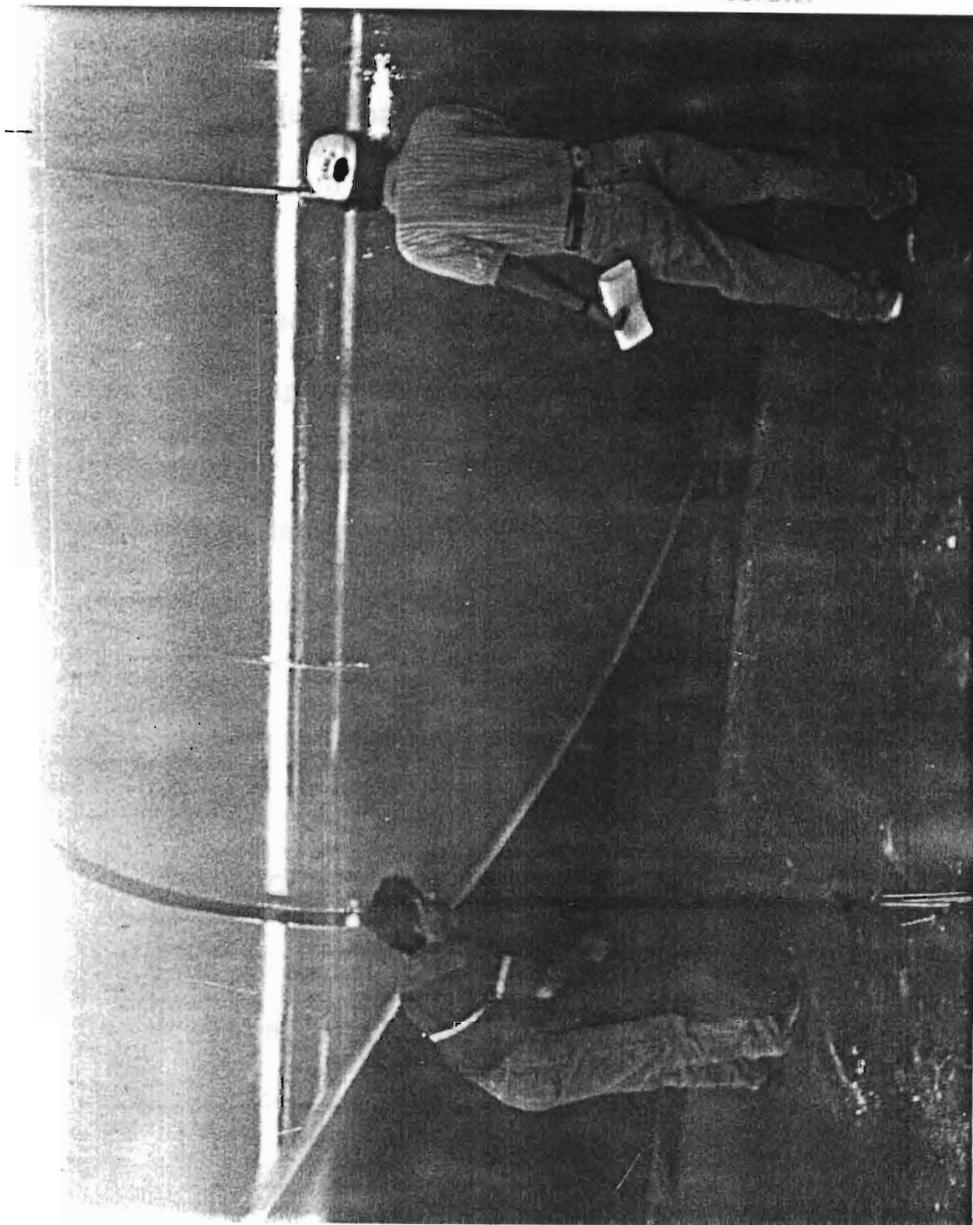
promedio encima de los límites especificados en la tabla XIX, podría constituir falla del recubrimiento.

- **Resistencia al agua caliente:** Se deben preparar dos paneles de acero (75 mm x 75 mm x 3.2 mm) con las mismas características de los usados en resistencia al impacto. Taladrar un agujero de 3/8 de in. en el recubrimiento cerca del centro del panel. El taladrado podría penetrar en el metal base cerca de 0.01 in. Luego se sumerge y sujeta ambos paneles por 24 horas en agua caliente.

Se remueve y se deja enfriar a la temperatura del cuarto y luego se enjuaga la superficie recubierta para dejarla libre de óxido y herrumbre. Se examina la superficie recubierta por burbuja. Se Hace un corte cerca del agujero y se levanta el recubrimiento desde el acero. Levantar ampollas de laminación o descascaramiento de la superficie recubierta desde el acero podría significar falla del ensayo.

- **Inmersión:** Se debe preparar, cubrir, curar paneles de 2 in. x 6 in. Se sella el lado no recubierto y filos con cera caliente. Llenar los contenedores apropiados con agua desionizada con 1 % por peso de solución de ácido sulfúrico. Se coloca los paneles en los contenedores para permitir la exposición de la fase de vapor y líquidos de los fluidos. Cubrir pero no sellar y dejar permanecer en 75°F por 30 días, remover los paneles, enjuagar y dejar secar por 24 horas.

Levantar las burbujas, descamar la superficie podrían constituir fallas para pasar el ensayo.



**FIG. 3.11 CONTROL DE MEDICION DE ESPESOR DE LA PINTURA EN
UNA TUBERIA**

cuchillo. La ruptura violenta del recubrimiento podría no ser causa para rechazo.

- **Adhesión:** La adhesión o unión del recubrimiento al acero podría ser determinada por un corte en V a través del recubrimiento con un cuchillo. La adhesión puede ser satisfactoria si la película no puede ser descascarada por el cuchillo. La ruptura violenta del recubrimiento podría no ser causa para rechazo.

Los ensayos realizados durante el proceso de pintado son los mismos ensayos de medición de espesores y adhesión que los mencionados arriba con la diferencia que son realizados en los mismos tubos y no en los paneles. El espesor seco aceptable es de no menor a 356 micras y no mayor a 25 micras y el control debe ser realizado a cada metro de tubería.

En la fig. 3.11 se muestra un control de espesor de pintura en tuberías metálicas.

3.10 INSPECCION FINAL Y DESPACHO DE LA TUBERIA.

Cuando se ha terminado de fabricar la tubería, el contratista debe suministrar a la Fiscalización certificados de análisis que comprueben que la calidad total de toda la materia prima que se incorpore al producto final es aquella exigida por las normas y especificaciones mencionadas.

Las planchas de acero deberán ser apropiadamente identificadas y los certificados del proveedor deberán hacer mención a dicha identificación. No se aceptarán



certificados cuya correspondencia con el respectivo lote de materia prima no quede debidamente comprobada.

Previo al despacho la Fiscalización o la empresa de inspección que la Fiscalización contrate podrá ejecutar contraensayos de resistencia a la tracción, límite elástico, resistencia, %C, %P, % S del material. Dichos contraensayos deberán ser llevados a cabo en muestras obtenidas de los respectivos lotes o partidas del fabricante.

Las muestras para la prueba de soldadura serán tomadas perpendicularmente de una parte a otra de la misma y del extremo de la tubería.

Dos muestras o ejemplares de tensión de sección reducida mostrarán una resistencia a la tensión de no menos del 100 % del mínimo de la resistencia de tensión especificada del material base usado.

Dos ejemplares para el ensayo de doblaje resistirán doblaje a 180°. Al realizar las pruebas de doblaje, un ejemplar será doblado tanto que la superficie que representa el interior de la tubería esté en la parte exterior del doblaje de prueba.

Se considera a un ejemplar que ha pasado la prueba si no se agrieta o se descubre otro defecto excediendo el 1/8 in (3.2 mm) medido en cualquier dirección que esté presente en el metal soldador o entre la soldadura y la base del material luego del doblaje.

Las pruebas de corrosión para las soldaduras de fabricación de completa pene

tracción serían hechas sobre pruebas de soldadura de fabricación normal. La introducción completa de la unión está definida en ANSI/AWS 13.0.

La verificación de la completa introducción de la unión sería hecha por medio de una macrocorrosión de la sección transversal de la soldadura de la unión con la misma frecuencia que para la prueba de doblaje. La técnica de macrocorrosión estará dada en ASTM E 340.

En el supuesto caso que los resultados de los contraensayos no tengan la debida correspondencia con los certificados del lote, éste será rechazado.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES

1. Las tuberías metálicas usadas en la construcción de un Acueducto, por la función que van a desempeñar, deben ser altamente confiables y por lo tanto deben cumplir con todas las especificaciones y tolerancias que contractualmente hayan sido determinadas para su fabricación.
2. La manera de garantizar que se está cumpliendo con todos los requisitos de fabricación es mediante la elaboración de un Programa de Puntos de Inspección de cada una de las etapas de fabricación, en donde se ejecutarán inspecciones y ensayos; de tal manera que se tenga seguridad de que sólo se utiliza tuberías que han pasado satisfactoriamente las inspecciones o ensayos previstos.
3. La calificación de Procedimientos de Soldadura y Ensayos No Destructivos, así como también la calificación de soldadores y operadores constituye una forma de asegurar que las uniones soldadas van a poseer las propiedades mecánicas necesarias para un comportamiento adecuado en servicio
4. La obtención de la calidad requerida demanda una serie de inspecciones y ensayos que implican un aumento en los costos de fabricación, pero éstos se

justifican si se toma en cuenta la inversión que demanda una obra de tal magnitud y el beneficio que presta.

RECOMENDACIONES

1. Tomando en consideración que las tuberías metálicas están expuestas al medio ambiente, es necesario utilizar un recubrimiento que garantice su resistencia a la corrosión y por lo tanto es indispensable un riguroso control en el momento de su elección.
2. Los diferentes controles en las etapas de corte, conformado, soldadura, deben ser realizados rigurosamente, ya que si bien es cierto que implican gran cantidad de tiempo en su realización, evita que en puntos posteriores la tubería tenga que ser rechazada.
3. Se recomienda que la fabricación futura de este tipo de tuberías tome como referencia este trabajo y las normas y especificaciones indicadas a fin de que la integridad y calidad de las tuberías estén acorde con los requerimientos de servicio.



ANEXO A

DATA / DATE 05/04/95

NO PEDDO / ORDER NO 12075 01

C EX - Nº AE 025501

NO RET. / REFERENCE NO FAX 2725/94

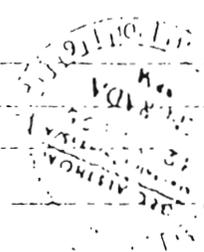
QUALITY CERTIFICATE / MILLS TEST CERTIFICATE

CERTIFICADO DE QUALIDADE / MILLS TEST CERTIFICATE

CLIENTE/CUSTOMER MECANICA PESADA S A
 PRODUTO/PRODUCT CHAPA GROSSA DO LCG
 ESPECIFICAÇÃO/SPECIFICATION COS-AR 55

DIMENSÕES ESPESSURA LAZURA COMPRIM / MM		PESO		M.C INSPEÇÃO		M.F VOLUME		ENSAIO DE TRACAO TENSOR TEST		MARKING ELECTRICAL		REDUÇÃO DE AREA		IMPACTO IMPACT TEST		PROBIDADE FISICA PROBABILITY		TAMANHO DO GRÃO / GRAIN SIZE		TAMANHO DO FENILITE / PHENILITE	
OS 50	3000	8550	2111	540798	0234700	7224902	495	637	28	76	B	140	138	135							
			2011	551490	0235474	73269501	526	612	22	86	B	153	148	140							
			2003			73269502															
			2005			73269503															
			1957			73269601															
			1957			73269602															
			1955			73269603															
			1975			73269901															
			1995			73269902															
			1959			73269903															
			1957			73270001															
			1981			73270003															
			1977			73270101															
			1989			73270102															
			1973			73270103															
			1969			73270201															
			1971			73270202															
			1983			73270302															
			1991			73270303															
			1995			73270501															
			1999			73270502															
			1957			73271103															
TOTAL DE PESO...																					

CORRIDA / METS		C	Min	F	S	SI	Al	Cl	Co	Ni	Mo	N	Na	Si	V	W	As	O	H	IC 00
540798	15 148 22	10	33	46	1	3	2	0	0	0	41	1	0	0	0	40				
551490	15 135 25	10	30	46	0	0	0	20	36	0	0	0	0	0	36					
TOTAL DE PESO...																				



TEMPER. ENCHARGE/ROASTING TEMPERATURE		TEMPO DE ENCHARGE/ROASTING TIME		RESFRIAMENTO/QUENCHING	
40					
36					

LABORATORIO DE ENCHARGE

PROCESO BASICO A OXIGENIO (LO) ENSAIADO E ANALISADO EM NOSSOS LABORATORIOS DE ACORDO COM OS REQUISITOS DA NORMA TECNICA SUPRACITADA COM RESULTADOS SATISFATORIOS

THE ABOVE CERTIFY THAT THE MATERIAL HEREIN DESCRIBED WAS TESTED BY THE BASIC OXIDATION PROCESS (LO) TESTED AND ANALYSED IN OUR LABORATORIES ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF THE ABOVE MENTIONED TECHNICAL SPECIFICATION WITH SATISFACTORY RESULTS.

Supermundo Lantzkotti

VISTO / AUTHORIZED SIGNATURE

ESPOL 1958

POLITECNICA FEDERAL DE VALLEJO

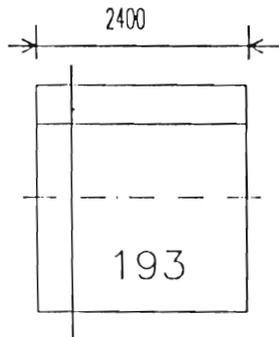
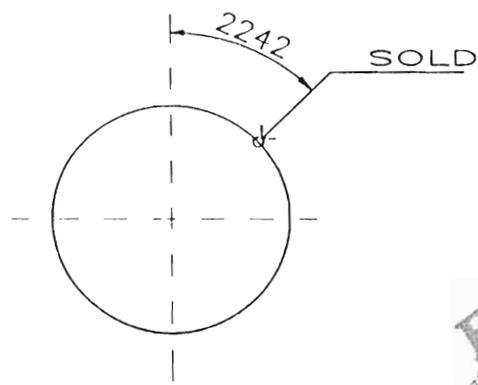
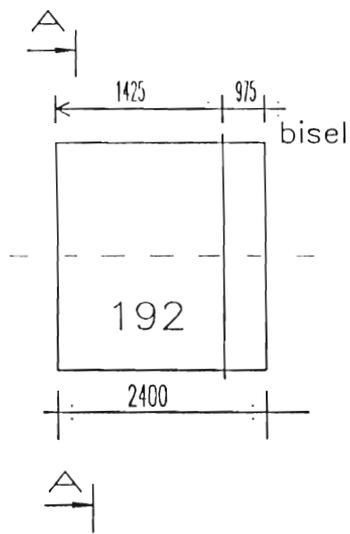
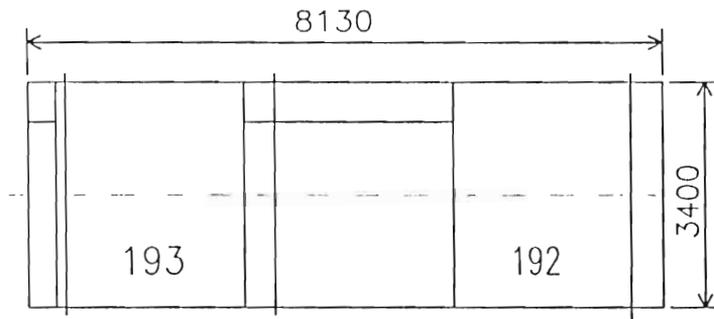
BIBLIOTECA

ATENÇÃO: OCB TESTS 18/04/95

Material submetido em conformidade com a especificação.

LAMINACAO CONTROLADA

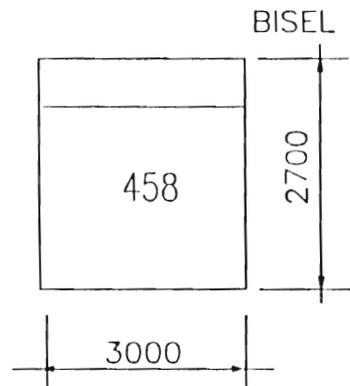
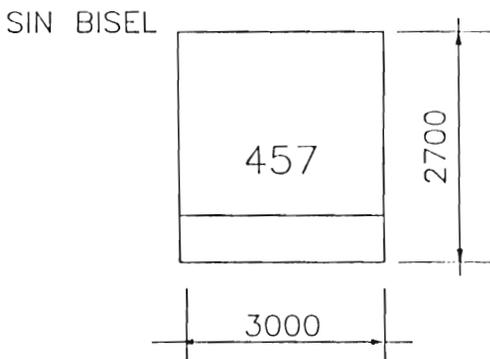
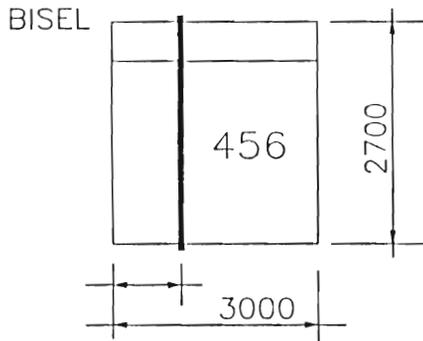
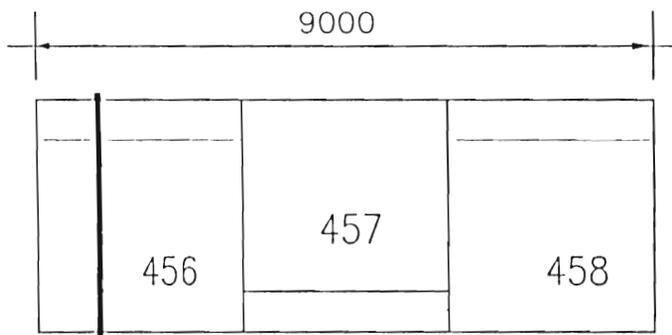
ANEXO B



FABRICA DE TUBOS

REF.	190	CANT	1
GRUPO	110	INT	PINT.
PLANO	3	EXT	PINT.
	H297-110-190		
ESP	11.3	NUM	574
FECHA	01 -12 - 95	DIB	MPLP

SIFON ROMANO



FABRICA DE TUBOS

REF.	TABLA	CANT
GRUPO	210	1

PLANO	H289-210-240	INT
4		PINT

TUBERIA DE IMPULSION

ESP	11.3	EXT
FECHA		PINT

NUM	571
-----	-----

DIB	MPLP
-----	------

BIBLIOGRAFIA

1. COMINTECO; Especificaciones Contractuales del Proyecto Plan Hidráulico Daule - Santa Elena; 1994.
2. ASTM; American Society for Testing and Materials; U.S.A.; 1976.
3. AWWA; American Water Works Association; U.S.A.; 1992.
4. COMINTECO; Tolerancias usadas en la fabricación de tuberías Metálicas; 1994
5. INEN; Aseguramiento de la Calidad; 1993.
6. LINCOLN ELECTRIC COMPANY; The Procedure Handbook - Arc Welding J.F. Lincoln foundation; USA; 1973.
7. ASME; American Society for Mechanical Engineers; Sec. V, VIII, IX; 1992.
8. HORWITZ HENRY; Soldadura: Aplicaciones y práctica; México ; 1976.
9. MARKS; Manual del Ingeniero Mecánico; Vol. II y III; 1993.

10. COMINTECO; Planos de diseño de fabricación de Sifones y Tuberías de Impulsión del Proyecto Plan Hidráulico Daule - Santa Elena; 1994.
11. VITERI A.; Control de calidad en los productos industriales; ESPOL; Centro de difusión y publicaciones; Guayaquil; 1987.
12. FEIGENBAUM A.; Control total de la calidad. Edit. CEGSA.
13. AGA; Manual Técnico de Soldadura; Guayaquil, 1989.
14. WELDING HANDBOOK; Fundamentals of Welding Vol.1, Miami; 1976.
15. METAL'S HANDBOOK; Non - Destructive Inspection and Quality Control; USA; Vol. 11; 1976
16. SNT-TC -1A; Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing.