T
671.5212
A719





ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica





"DISEÑO DE LAS UNIONES SOLDADAS DE LA PALA DEL SISTEMA DE GOBIERNO DE UNA EMBARCACION NAVAL"

PROYECTO DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

JOSE A. ARIZAGA M.

Guayaquil - Ecuador

1990

ING. NELSON CEVALLOS B.
Decano
Facultad de Ingeniería Mecánica

ING. OMAR SERRANO V.
Director de Proyecto de Grado

BIBLIOTECA

ING. JOSE PACHECO
Miembro del Tribunal

ING. EDUARDO ORCES P.
Miembro del Tribunal

DECLARACION EXPRESA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
BIBLIOTECA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y dotrinas expuestos en este Proyecto de Grado, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual del mismo, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Tópico de Graduación)

JOSE A. ARIZAGA MONDRAGON

A G R A D E C I M I E N T O

Al Ing. OMAR SERRANO V., Director de Proyecto de Grado, por su ayuda y colaboración para la realización de este trabajo.

A la Compañía de Ensayos no Destructivos (SENDRE), Ing. Carlos Ordoñes, por su colaboración durante el desarrollo de este Proyecto de Grado.

A los profesores de la Facultad de Ingeniería Mecánica.

D E D I C A T O R I A

A mis PADRES Y HERMANOS
por su apoyo constante
durante mis años de es-
tudios.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
BIBLIOTECA

R E S U M E N

El presente trabajo está basado en la construcción de la pala del sistema de gobierno de una embarcación naval, y consiste en la elaboración de una guía en la que se describen los pasos que deben seguirse para el diseño de las uniones soldadas y la inspección que debe realizarse en las soldaduras en este tipo de obras.

El punto central de este trabajo trata del proceso de las uniones soldadas de planchas y elementos de la pala del sistema de gobierno, para lo cual se realizan cálculos de tamaños y parámetros de soldadura en base a normas de construcción de buques de acero, tales como la Agencia Americana de Embarcaciones, la Sociedad Americana de la Soldadura y la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales.

Para la ejecución de este tipo de obras, se requiere de una precalificación y calificación de procedimientos de soldadura. En la precalificación de procedimientos de soldadura, se reunen todos los parámetros involucrados en una determinada unión para luego probarlos mediante ensayos destructivos y no destructivos. En la calificación de procedimientos de soldadura, se obtienen los resultados de los ensayos de la unión soldada en mención, que permite guiar al soldador y asegurar de esta forma la calidad de las uniones con el proceso de soldadu

ra de electrodo revestido, SMAW.

Finalmente, se describe el proceso de calificación del personal que realiza las soldaduras, proceso que debe ser realizado por el ingeniero encargado o por el inspector de la obra.

I N D I C E G E N E R A L

	Pág.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	X
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABLAS	XIII
LISTA DE ABREVIATURAS	XV
LISTA DE FORMATOS	XVIII
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	2
CONSIDERACIONES PREVIAS AL DISEÑO	2
1.1 Revisión de especificaciones	2
1.2 Normas y códigos aplicados	2
1.3 Sistema de gobierno de embarcaciones	3
1.3.1 Pala o timón	3
1.3.2 Criterios de selección	5
1.4 Procesos de soldadura, materiales	8
1.5 Uniones soldadas en palas del sistema de gobierno	20
1.5.1 Análisis de esfuerzos	20
1.5.2 Análisis de corrosión	22
1.5.3 Análisis de distorsión	25
1.5.4 Zona de fusión y zona afectada por el calor	31

Pág.

1.5.5 Precalentamiento y postcalentamiento 34

1.5.6 Defectología 36

CAPITULO II 42

DISEÑO Y CALCULO 42

2.1 Selección de material base, aporte y equipo de soldadura 42

2.2 Diseño de uniones soldadas 51

2.3 Cálculo de tamaño de soldadura 56

2.4 Cálculo de parámetros de soldadura 69

CAPITULO III 76

CONSIDERACIONES PREVIAS A LA EJECUCION DE LA OBRA 76

3.1 Precalificación y calificación de procedimientos de soldadura 76

3.2 Calificación de soldadores 100

CAPITULO IV 108

METODOS DE INSPECCION DE LAS UNIONES SOLDADAS 108

4.1 Inspección visual 108

4.2 Inspección por partículas magnéticas 109

4.3 Inspección por ultrasonido 109

4.4 Prueba hidrostática 114

4.5 Criterios de aceptación y rechazo 118

CAPITULO V 121

ANALISIS DE COSTOS 121

Pág.

CAPITULO VI 128

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 128

APENDICE:

a.- GLOSARIO DE TERMINOS 132

b.- FOTOS, FORMATOS Y PLANOS 134

c.- BIBLIOGRAFIA 162

LISTA DE FIGURAS

Nº		Pág.
1.	Diagrama esquemático de una embarcación naval ...	4
2.	Tipos de timones	6
3.	Pala del sistema de gobierno	9
4.	Procesos de soldadura	10
5.	Circuito de soldadura	11
6.	Soldadura por arco eléctrico	15
7.	Electrodos	15
8.	Tipos de distorsión en soldadura	27
9.	Soldadura a tope mostrando la zona afectada por el calor	33
10.	Defectos de soldadura	40
11.	Unión con chaflan en 'V' con respaldo	53
12.	Unión en 'T' con doble cordón	54
13.	Unión a 90° con un solo cordón	54
14.	Unión en 'T' con chaflan de un solo lado	55
15.	Unión en 'T' con chaflan doble	55
16.	Unión especial	57
17.	Unión en 'T' con doble cordón	57
18.	Unión con chaflan en 'V' con respaldo	58
19.	Unión en 'T' con doble cordón	58
20.	Unión en 'T' con chflan doble	59
21.	Unión en 'T' con doble cordón	59

Nº		Pág.
22.	Unión en 'T' con chaflan doble	60
23.	Unión en 'T' con chaflan doble	60
24.	Unión en 'T' con chaflan doble	61
25.	Unión en 'T' con cordón alrrededor	61
26.	Unión en 'T' con chaflan doble	62
27.	Unión en 'T' con cordón alrrededor	62
28.	Unión en 'T' con doble cordón	63
29.	Unión en 'T' con chaflan de un solo lado	63
30.	Unión en 'T' con chaflan de un solo lado	64
31.	Unión en 'T' con chaflan de un solo lado	64
32.	Unión en 'T' con chaflan de un solo lado	65
33.	Unión a 90° con un solo cordón	65
34.	Unión en 'T' con chaflan de un solo lado	66
35.	Unión en 'T' con chaflan de un solo lado	66
36.	Unión con chaflan en 'V' con respaldo	67
37.	Probeta de tracción	97
38.	Probeta para plegado sobre el lado mayor	98
39.	Prueba de calificación de soldadores número Q2 ...	105
40.	Forma de inspección en soldaduras a tope y en ángulo con partículas magnéticas	110
41.	Secuencia de medición y ubicación del yugo	111
42.	Procedimiento de inspección ultrasónica para soldadura de unión soldada a tope	115
43.	Procedimiento de inspección ultrasónica para soldaduras de uniones soldadas en ángulo	116
44.	Mecanismo de barrido del transductor durante el ensayo	117

BIBLIOTECA

LISTA DE TABLAS

Nº		Pág.
I.	Dimensiones de los timones	7
II.	Características de electrodos	18
III.	Precalentamiento mínimo y temperatura de interpasos	37
IV.	Requerimientos para aceros de alta resistencia para estructuras de buques	43
V.	Electrodo celulósico	46
VI.	Electrodo de baja aleación	47
VII.	Requerimientos radiográficos	48
VIII.	Características de electrodos AGA	49
IX.	Transformador y rectificador	50
X.	Cálculo de parámetros de soldadura	70
XI.	Cálculo de parámetros de soldadura	71
XII.	Cálculo de parámetros de soldadura	72
XIII.	Cálculo de parámetros de soldadura	73
XIV.	Cálculo de parámetros de soldadura	74
XV.	Cálculo de parámetros de soldadura	75
XVI.	Número y tipo de probeta de prueba y rango de espesores calificados utilizados en el procedimiento de calificación	99
XVII.	Procedimiento de calificación en tipos y limitaciones de posiciones de uniones soldadas	101

Nº		Pág.
XVIII.	Ensayos para calificación de soldadores	104
XIX.	Valores del ángulo del transductor en función del espesor del material a ensayar	113
XX.	Valores de costos y tiempos de soldadura	126
XXI.	Costo de inspección	127

LISTA DE ABREVIATURAS

A/a	=	Superfície de la pala / área del plano de deriva
ABS	=	Agencia Americana de Embarcaciones
AC	=	Corriente alterna
ASTM	=	Sociedad Americana para Ensayos y Materiales
Aw	=	Area transversal de la soldadura
AWS	=	Sociedad Americana de la Soldadura
b	=	Tamaño promedio del cordón de soldadura
C	=	Radio de la mecha del timón
c	=	Calor específico
CEU	=	Cálculo de energía utilizada
CGG	=	Cálculo por gastos generales
CI	=	Costo de inspección
CMD	=	Cálculo de material depositado
CMO	=	Cálculo de mano de obra
CT	=	Costo total
CTS	=	Cálculo de tiempo de soldadura
d	=	Ancho de raíz del cordón de soldadura
DAC	=	Curva de calibración de distancia amplitud
E	=	Voltaje
EN	=	Eje neutro
F	=	Fuerza
f1	=	Factor de transferencia

σ	=	Esfuerzo
Hnet.	=	Energía neta
I	=	Amperio
J	=	Momento polar de inercia
Kw-hr	=	Kilovatio-hora
L	=	Longuitud de soldadura
MHZ	=	Mega hertz
M	=	Momento
mm	=	Milímetro
plg	=	Pulgada
Q2	=	Número de prueba
Sc	=	Esfuerzo combinado
SMAW	=	Proceso de soldadura de electrodo revestido
St	=	Esfuerzo torsional
T	=	Torque
t	=	Espesor de plancha
Tm	=	Temperatura de fusión
Tp	=	Temperatura máxima
tw	=	Ancho del cordón de soldadura
v	=	Velocidad de arco
y	=	Distancia desde la línea de fusión a la ZAC donde se produce Tp
ZAC	=	Zona afectada por el calor
δ_1	=	Distorsión longuitudinal
δ_t	=	Contracción transversal en soldadura
α_B	=	Coeficiente experimental del material base
α_W	=	Coeficiente experimental del material de soldadura

ρ	=	Densidad
%	=	Porcentaje
α	=	Angulo del transductor
$	=	Sucres
tg	=	Tangente
"	=	Pulgada
^{o}C	=	Grado centígrado

LISTA DE FORMATOS

FORMATO Nº		Pág.
I.	Precalificación de procedimiento de soldadura ..	79
II.	Precalificación de procedimiento de soldadura ..	80
III.	Precalificación de procedimiento de soldadura ..	81
IV.	Precalificación de procedimiento de soldadura ..	82
V.	Precalificación de procedimiento de soldadura ..	83
VI.	Precalificación de procedimiento de soldadura ..	84
VII.	Precalificación de procedimiento de soldadura ..	85
VIII.	Precalificación de procedimiento de soldadura ..	86
IX.	Precalificación de procedimiento de soldadura ..	87
X.	Precalificación de procedimiento de soldadura ..	88
XI.	Precalificación de procedimiento de soldadura ..	89
XII.	Precalificación de procedimiento de soldadura ..	90
XIII.	Precalificación de procedimiento de soldadura ..	91
XIV.	Precalificación de procedimiento de soldadura ..	92
XV.	Precalificación de procedimiento de soldadura ..	93
XVI	Registro de pruebas de calificación para procedimiento de soldadura	102
XVII.	Certificado de calificación de soldador	106

I N T R O D U C C I O N

Este trabajo tiene como objetivo el diseñar las uniones soldadas de la pala del sistema de gobierno de una embarcación naval, de tal forma que soporte las condiciones de trabajo a las cuales está expuesta la embarcación naval.

El alcance del trabajo es la construcción de la pala del sistema de gobierno una vez diseñadas las uniones correspondientes de acuerdo a: plano de diseño, selección del tipo de uniones, selección de procesos de soldadura, selección de tratamiento térmico y selección de ensayos no destructivos.

Dadas las dimensiones y características que tiene la pala del sistema de gobierno, este trabajo ofrece la oportunidad de poner en manifiesto la tecnología nacional mediante procedimientos básicos para la construcción de este tipo de estructura. Por lo tanto el desarrollo de este trabajo se encuentra plenamente justificado.

El desarrollo de este trabajo, tendrá una secuencia apropiada para el seguimiento de trabajos posteriores en lo concerniente a construcción de palas del sistema de gobierno de embarcaciones navales mediante el uso de personal técnico nacional.

CAPITULO I

CONSIDERACIONES PREVIAS AL DISEÑO

1.1 REVISION DE ESPECIFICACIONES.

Revisando minuciosamente todas las especificaciones en el plano general de la pala del sistema de gobierno de la embarcación naval, tales como: dimensiones, escala, acotaciones, nombre y número de elemento, etc., se tiene que las mismas se encuentran correctamente empleadas.

1.2 NORMAS Y CODIGOS APLICADOS.

Para la ejecución de este trabajo, se tomaron en consideración las siguientes normas y códigos:

El código de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (American Society for Testing and Materials, ASTM), para determinar la composición del material a utilizarse.

El código de la Sociedad Americana de la Soldadura (American Welding Society, AWS) para el control de la soldadura.

Normas para la Construcción y Clasificación de Buques de Acero dadas por la Agencia Americana de Embarcaciones (American Bureau of Shipping, ABS) para el diseño de las uniones soldadas.

1.3 SISTEMA DE GOBIERNO DE EMBARCACIONES.

Todos los buques son provistos de medios eficaces para su gobierno que son capaces de girar al timón desde 35 grados a una banda a 35 grados a la opuesta, con el buque navegando a las máximas revoluciones por minuto del eje en régimen contínuo. El mecanismo accionado mecánicamente será capáz de girar el timón desde 35 grados en cualquiera de las bandas hasta 30 grados en la banda opuesta en veintiocho segundos con el buque navegando a las máximas revoluciones por minuto del eje en régimen contínuo. (Ref. 1).

1.3.1 Pala ó timón.

Reduciendo a la forma más sencilla, el timón consiste en una pala, que puede girar alrrededor de un eje vertical, por la acción de un elemento llamado "mecha". El timón está colocado generalmente en la popa de los buques. (Ver figura 1).

A.- Tipos de timones.

Básicamente los timones se encuentran dentro de la siguiente clasificación:

- Timones balanceados
- Timones semibalanceados
- Timones no balanceados

Entendiéndose como balanceo, al equilibrio de

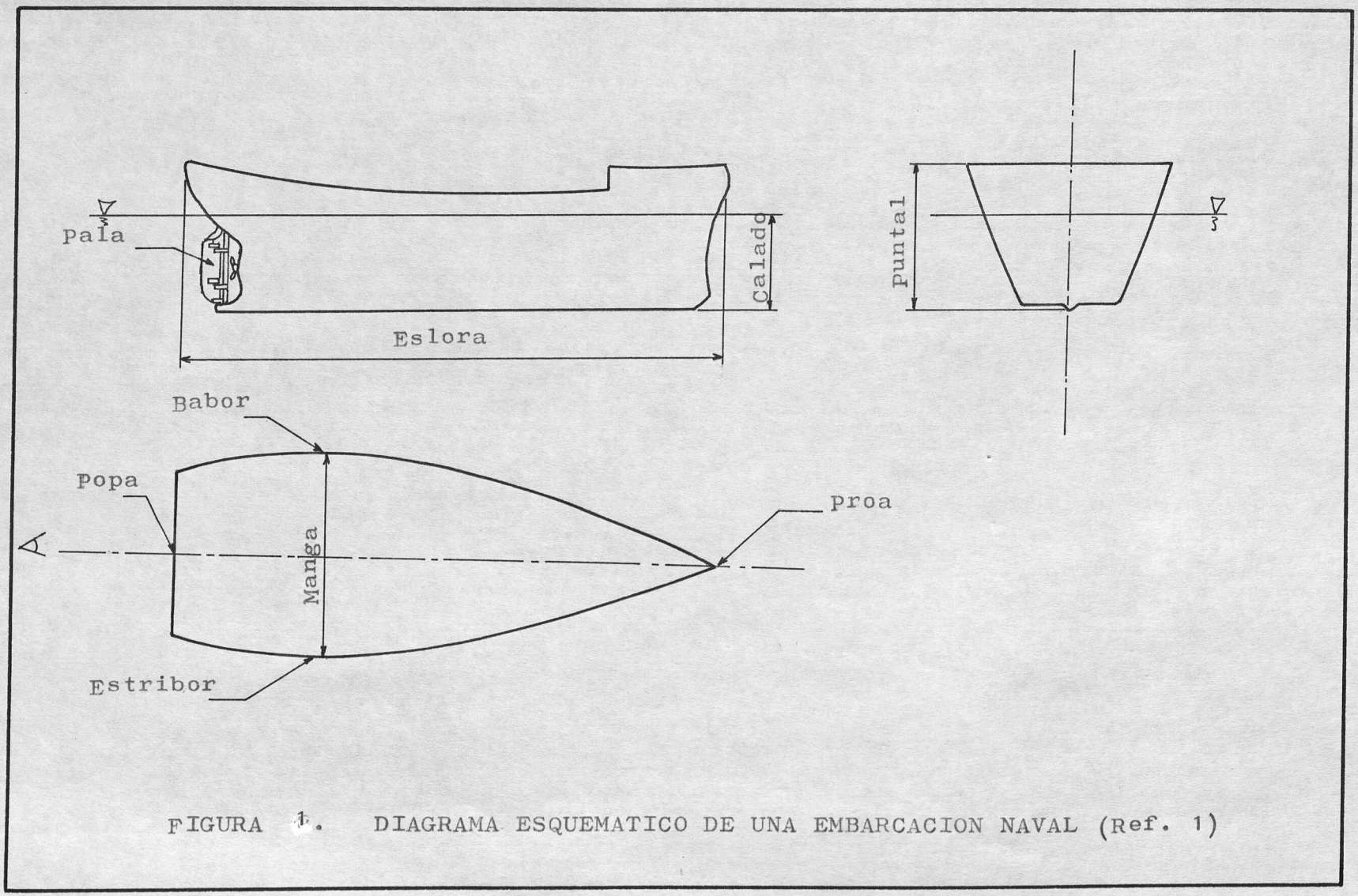


FIGURA 1. DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UNA EMBARCACION NAVAL (Ref. 1)

la masa del timón con respecto a un eje. Algunos tipos de timones comunes, se muestran en la figura 2.

1.3.2 Criterios de selección.

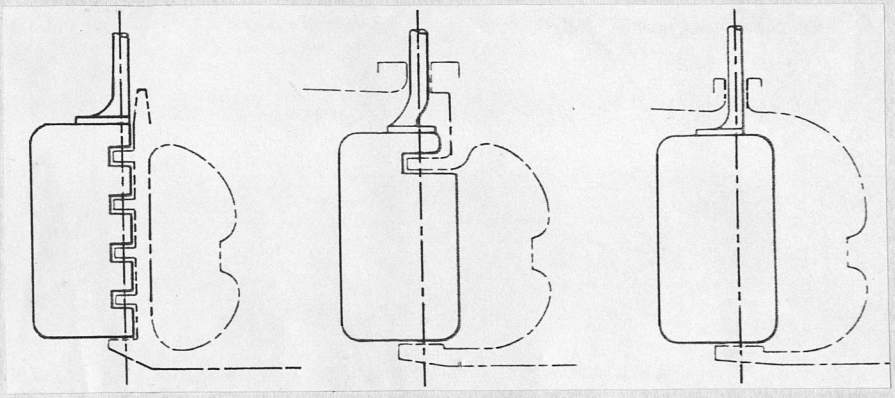
Para la selección de los diferentes tipos palas para las diversas embarcaciones navales, los criterios que se toman en cuenta son:

- Velocidad de desplazamiento del buque
- Tamaño del buque; incluyendo eslora, manga y puntal
- Calado

En la práctica, se fijan las dimensiones del timón de un buque por la relación entre la superfície de la pala del timón y el área del plano de deriva.

En la siguiente Tabla I, se da a conocer el valor de la citada relación para ciertos números de buques. En la tabla, se ve que la relación $\frac{a}{A}$ tiene un valor que oscila alrededor de 0.021 en los buques grandes y que en algunos buques pequeños dicha relación alcanza cifras de 0.025 a 0.030, cifras que corresponde para buques franceses. En cambio la relación $\frac{A}{a}$, es la que corresponde para los buques ingleses.

Para nuestro caso práctico, la Pala del Sistema de Gobier

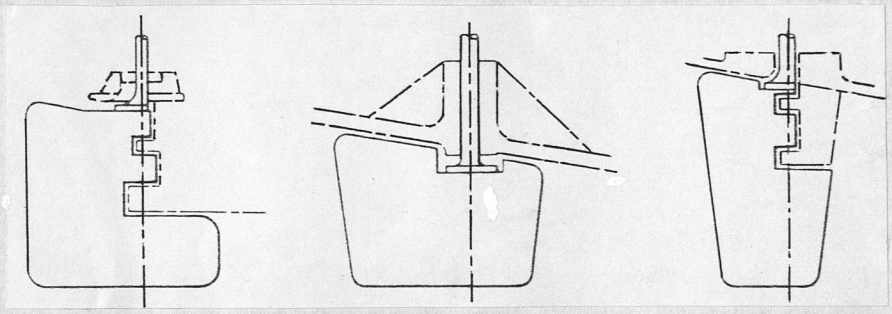


(a) No balanceado
Varios pinzotes

(b) Balanceado
Dos pinzotes

(c) Balanceado
Sobre cojinetes en el casco

TIMONES DE EMBARCACIONES DE SIMPLE TORNILLO



(d) Semibalanceado
De dos apoyos

(e) Balanceado
Tipo espada

(f) Semibalanceado
Tipo punta

TIMONES DE EMBARCACIONES DE DOBLE O CUADRUPLE TORNILLOS

FIGURA 2. TIPOS DE TIMONES. (Ref. 2)

BIBLIOTECA

TABLA I

DIMENSIONES DE LOS TIMONES. (Ref. 3)

CLASE DEL BUQUE	$\frac{A}{a}$	$\frac{a}{A}$
Acorazado de 125 metros de eslora	40,5	0,024
íd. de 122 " "	45,2	0,022
Crucero de 150 " "	48,4	0,021
íd. de 134 " "	44,4	0,023
íd. de 132,5 " "	44,5	0,022
íd. de 152,5 " "	50,3	0,020
íd. de 106,5 " "	48,3	0,021
íd. de 97,5 " "	33,5	0,030
Destructor de 82 " "	40,0	0,025

A/a = Superfície de la pala / área del plano de deriva

no, se clasifica dentro del grupo de timones no balanceados. Esta pala será utilizada en un buque cuyas características son las siguientes:

- Velocidades de desplazamiento:

  1.- Velocidad económica (régimen): 12.5 nudos
  2.- Velocidad máxima: 15.5 nudos

- Eslora: 62.5 m.

- Manga: 11.7 m.

- Puntal: 6.7 m.

- Calado: 5.2 m.

- Desplazamiento de 1640 toneladas a plena carga

Esta pala se encuentra representada esquemáticamente en la figura 3.

1.4 PROCESOS DE SOLDADURA, MATERIALES.

Soldadura es el proceso que permite realizar la unión de dos piezas metálicas mediante la acción del calor con o sin material de aportación.

En la figura 4, se detallan todos los procesos de soldadu por fusión. Dentro de este gran grupo, el que más se utiliza es el proceso de soldadura por arco.

A.- SOLDADURA POR ARCO.

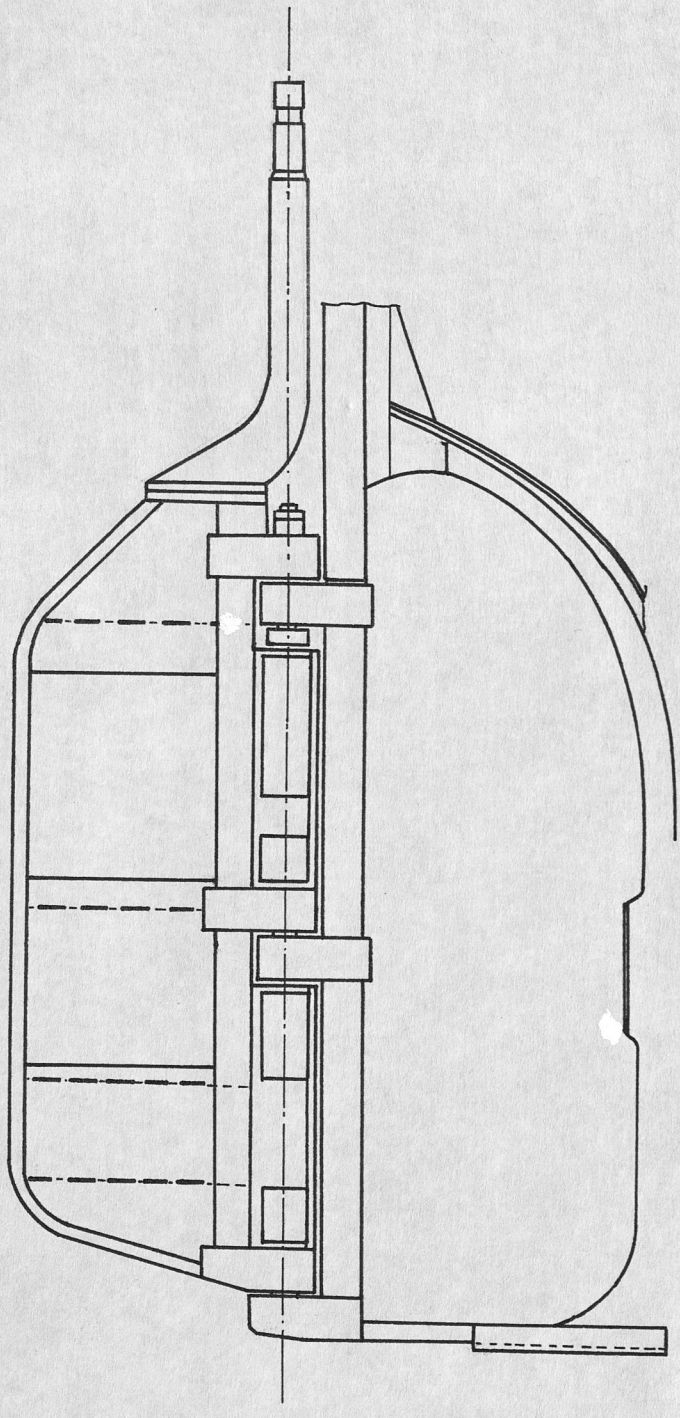


FIGURA 3. PALA DEL SISTEMA DE GOBIERNO.

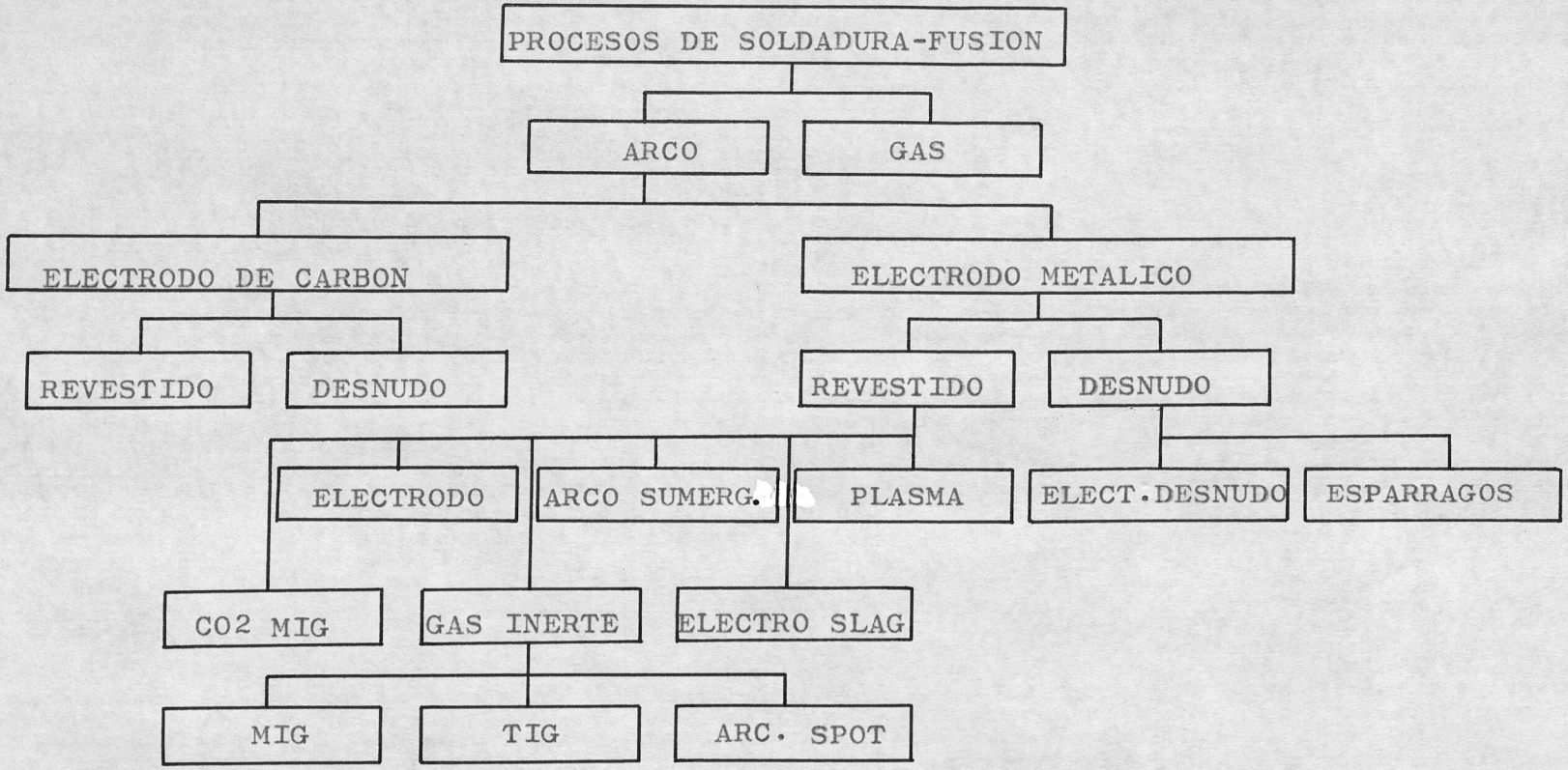


FIGURA 4. PROCESOS DE SOLDADURA. (Ref. 5)

La soldadura por arco eléctrico, es la soldadura que utiliza como fuente térmica para realizar la fusión un arco voltaico; el mismo que se produce entre la pieza a soldar y un electrodo de características adecuadas.

Para nuestro caso en particular, la unión de las planchas metálicas y otros elementos en la Pala del Sistema de Gobierno, se utilizará el proceso de soldadura de electrodo revestido, SMAW.

A.1 Circuito eléctrico en la soldadura por arco.

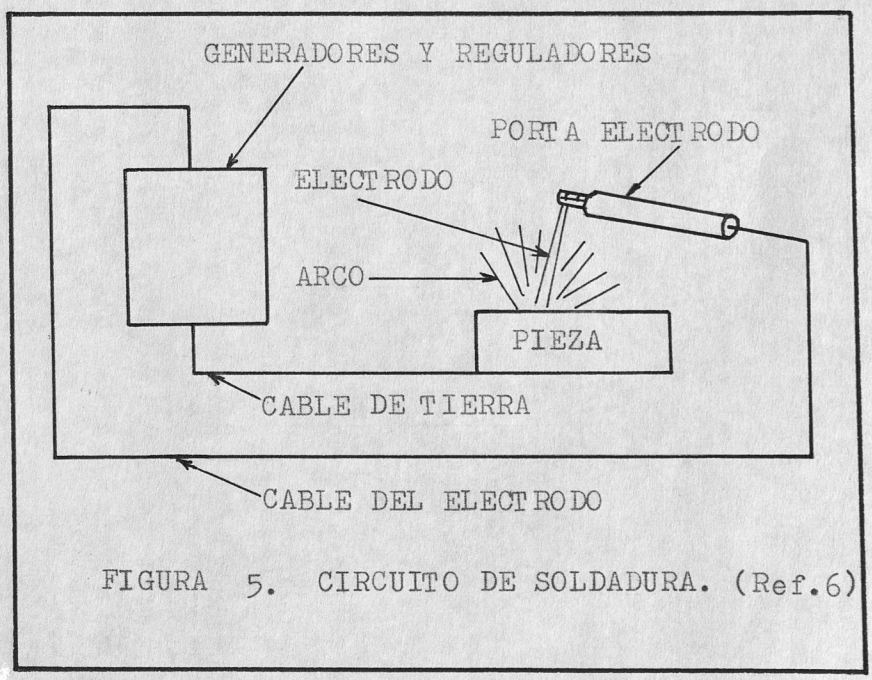


FIGURA 5. CIRCUITO DE SOLDADURA. (Ref.6)

En la figura vemos que el circuito se inicia en la terminal ó borne donde se sujeta el cable del electrodo a la máquina y acaba en la terminal ó

borne en que se fija el cable de tierra al aparato.

La corriente fluirá por el cable al portaelectrodo, luego al electrodo y saltará el arco, al mismo tiempo la corriente circulará por el metal base al cable de tierra y volverá a la máquina generadora. Esto nos confirma que el circuito debe cerrarse para que la corriente fluya estableciendo asi la continuidad necesaria para mantener encendido el arco.

Hay varios tipos de máquinas electrosoldadoras, siendo las más notables, las siguientes:

1.- Motor-generador

2.- Motor a gasolina-generador

3.- De transformador

4.- De rectificador

5.- Combinación de transformador con rectificador.

Cada tipo sirve para su propósito, pero la función básica es la entrega de una fuente regulada de corriente eléctrica, para soldar.

Dicha corriente se caracteriza por ser de alta intensidad (amperaje) y de baja tensión (volta-

je): la alta intensidad es necesaria para producir calor suficiente en el arco, mientras que la baja tensión será de un valor tal, que pueda mantener encendido el arco. Todas las máquinas citadas, tienen su control de regulación para que el operario pueda seleccionar un arco enérgico o débil, según las necesidades del trabajo.

A.2 Polaridad.

En un circuito eléctrico, la polaridad es la que nos indica el sentido de circulación de la corriente. Solo en el caso de generadores con corriente contínua, es muy importante la polaridad.

- Polaridad directa.- Se tiene cuando la pinza porta-electrodo está conectada al polo negativo del generador y la pieza a soldar (masa) al polo positivo.

- Polaridad inversa.- Se tiene cuando el electrodo está conectado al polo positivo del generador y la masa al negativo.

A.3 Electrodos de soldadura.

El electrodo es una varilla metálica, de composición aproximada a la del metal base

a soldar y cubierta con una sustancia que recibe el nombre de revestimiento. El núcleo es el metal de aportación para la unión que se suelda y el revestimiento químico, actúa como un medio de protección al cordón a medida que el núcleo se deposita. El revestimiento además de actuar como fundente, facilita el arranque y mantenimiento del arco. Ver figura 6.

Los revestimientos, son en general de base mineral con óxidos y silicatos metálicos, junto con otros de gran afinidad por el oxígeno de tal modo poder eliminar éste del metal fundido y pueden ser:

- Acidos.

  Cuando llevan en su composición óxidos de hierro u otros desoxidantes como silicio y magnesio.

- Básicos.

  Cuando llevan en su composición carbonato de calcio y fluoruro de calcio.

- Celulósicos.

  Son aquellos que presentan un 15% a 30% de celulosa en su composición.

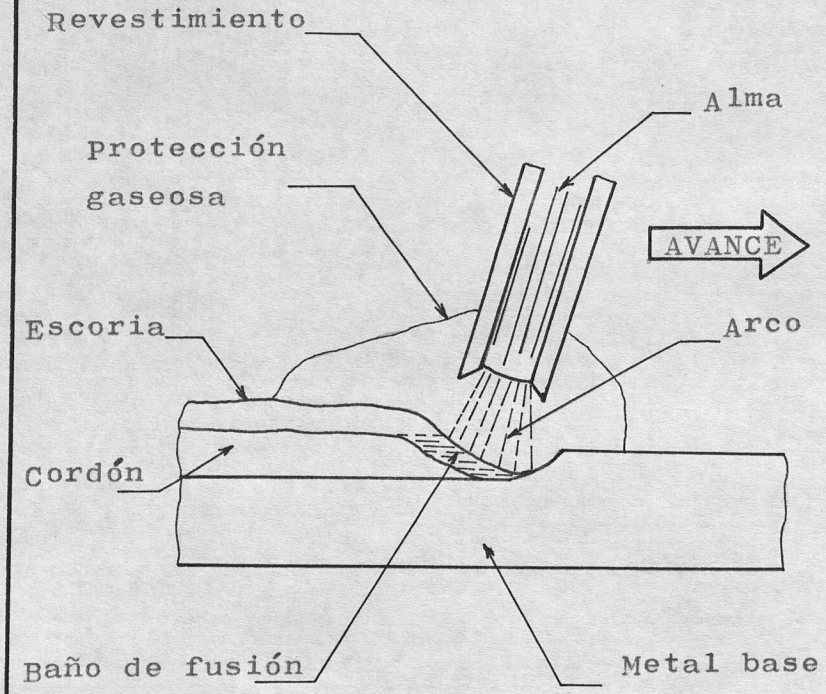


FIGURA 6. SOLDADURA POR ARCO AELECTRICO (Ref. 4)

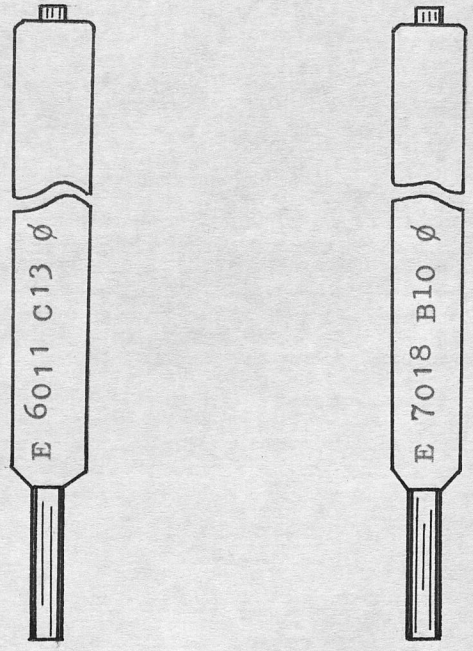


FIGURA 7. ELECTRODOS. (Ref. 5)

- Y rutílicos.

Todos los electrodos revestidos, son identificados mediante especificaciones de la Sociedad Americana de la Soldadura, como se puede apreciar en la figura 7.

A.4 Clasificación de los electrodos.

- El prefijo E identifica a un electrodo para soldadura por arco.

- Las dos primeras cifras nos indica la resistencia a tracción mínima del metal depositado, en miles de libras por pulgada cuadrada, Ksi.

- La tercera cifra indica las posiciones de soldeo para la cual es apto el electrodo. Un "1" nos indica que el electrodo puede utilizarse en todas las posiciones. Un "2", que el electrodo debe limitarse a las posiciones horizontal y en cornisa.

- La cuarta cifra determina alguna característica específica del electrodo, tal como tipo de revestimiento, calidad de la soldadura, exigencias eléctricas y poder de penetración. Esta cuarta cifra puede

tomar los valores de: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, u 8 y sus significados se da a conocer en la Tabla II.

A.5 Factores de consideración para la selección de electrodos.

El electrodo ideal es aquel que suministra una buena estabilidad de arco, un cordón de soldadura liso y bien presentado, una buena velocidad de depósito, escasez de proyecciones, máxima resistencia y fácil eliminación de escoria. Para alcanzar estas características, hay que considerar diversos factores a la hora de seleccionar el electrodo, tales como:

- Características del metal base

  Una soldadura de buena calidad debe tener tanta resistencia como el metal base. Esto quiere decir que debe utilizarse un electrodo que deposite un material con las mismas características mecánicas que el metal base.

- Diámetro del electrodo

  Como regla general nunca deben utilizarse electrodos con diámetros superiores

TABLA II

CARACTERISTICAS DE ELECTRODOS. (Ref. 4)

TIPO	CLASIFICACION SEGUN AWS	CLASE DE CORRIENTE	POSICIONES	RESULTADOS DE LA SOLDADURA
Aceros	E-6010	CC+	H, V, C, T	Gota caliente, buena penetración, cordón plano.
ordinarios	E-6011	CC+, CA	H, V, C, T	Cualquier trabajo de soldadura.
	E-6012	CC—, CA	H, V, C, T	Gota fría, pequeña penetración, para
	E-6013	CC—, CC+, CA	H, C, C, T	preparaciones no muy buenas, buen
	E-6014	CC—, CA	H, V, C, T	contorno de cordón, pocas proyecciones.
	E-6020	CC+, CC—, CA	H, C	Buen rendimiento, grandes
	E-6024	CC+, CC—, CA	H, C	rellenos en pocas pasadas.
	E-6027	CC+, CC—, CA	H, C	Polvo de hierro, gran aportación, buena penetración.
	E-7014	CC+, CC—, CA	H, V, C, T	Polvo de hierro, baja penetración, gran velocidad.
	E-7024	CC+, CC—, CA	H, C	Polvo de hierro, gran aportación, pasada simple o múltiple.
Bajo	E-7016	CC+, CA	H, V, C, T	Soldeo de aceros con elevado S o elevado C,
hidrógeno	E-7018	CC+, CA	H, V, C, T	aceros sensibles a la fisuración
	E-7028	CC+, CA	H, C	o a porosidad

CC+ Corriente continua polaridad inversa.
CC— Corriente continua polaridad directa.
CA Corriente alterna.
H Horizontal. — V Vertical. — C Cornisa. — T Techo.

BIBLIOTECA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA

BIBLIOTECA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

al espesor de las piezas a soldar.

- Tipo de junta y preparación de bordes

  Dependiendo de ello, se selecciona los electrodos de gota caliente o de gota fría, se da a conocer en la Tabla II.

- Posición de soldadura

  Es uno de los factores más importante en elección del electrodo. Algunos dan mejores resultados cuando se aplican en horizontal. Otros, por el contrario, estan diseñados para soldeo en vertical, cornisa y techo.

- Rendimiento en el trabajo

  La velocidad de aportación es un factor muy importante en cualquier trabajo de producción.

- Condiciones de servicio

  Los requerimientos en servicio de la pieza que se trata de soldar, pueden demandar una soldadura de especial característica, tales como gran resistencia a la corrosión, gran ductilidad, etc.

1.5 UNIONES SOLDADAS EN PALAS DEL SISTEMA DE GOBIERNO.

Previo al diseño y cálculo de las uniones soldadas en las palas, es necesario realizar ciertos análisis tales como:

1.5.1 Análisis de esfuerzos.

En los timones mostrados en la figura 2(a),(b),(c) y (d), los marcos de las mechas de los timones son controlados por esfuerzos torsionales, usando la fórmula general, se tiene: (Ref. 2)

$$St = \frac{T\ C}{J} \qquad (1)$$

donde:

St = Esfuerzo torsional

T = Torque

C = Radio de la mecha del timón

J = Momento polar de inercia del área seccional de la mecha del timón. Para sólidos de secciones circulares:

$$J = \frac{\pi(\text{diámetro})^4}{32} \qquad (2)$$

Con el timón tipo espada, que se muestra en la figura 2 (e), predominan los esfuerzos de flexión debido a las siguientes razones:

1.- La fuerza hidrodinámica produce un gran brazo

para flexión (aproximadamente la mitad de la altura del timón), pero se tiene un pequeño nivel de torsión.

2.- El esfuerzo es inversamente proporcional a la inercia seccional.

En el caso de torsión, la inercia polar usada, es el doble de la inercia por flexión. En tal caso, el esfuerzo por flexión debe ser combinado con el esfuerzo torsional. El esfuerzo por flexión es determinado mediante la siguiente expresión: (Ref.2)

$$Sf = \frac{M\ C}{I} \qquad (3)$$

donde:

Sf = Esfuerzo por flexión

M = Momento flexionante

C = Radio de la mecha del timón

I = Momento de inercia del área seccional de la mecha del timón. Para sólidos con sección circular:

$$I = \frac{\pi(\text{diámetro})^4}{64} \qquad (4)$$

Los dos esfuerzos son combinados para tener: (Ref. 2)

$$Sc = \frac{Sf}{2} + \left[\left(\frac{Sf}{2}\right)^2 + (St)^2\right]^{1/2} \qquad (5)$$

donde:

Sc = Esfuerzo combinado

En el caso de esfuerzos en soldadura, éstos pueden resultar de un fenómeno metalúrgico (por ejemplo, cambios de volúmen que resultan de una transformación de fase), así como también de fuerzas externas producidas como resultado de la soldadura.

Los dos tipos de esfuerzos en soldadura antes mencionados, son también conocidos como esfuerzos metalúrgicos y esfuerzos de reacción respectivamente.

Los esfuerzos en soldadura, pueden ser también clasificados en términos de su dirección relativa al cordón de soldadura. Los esfuerzos a lo largo de la soldadura, son conocidos como esfuerzos longuitudinales; mientras que los esfuerzos perpendiculares a lo largo de la soldadura, son conocidos como esfuerzos transversales.

En la figura B.1 y B.2 del Apéndice "B", se puede observar las condiciones usuales de esfuerzos en soldadura.

1.5.2 Análisis de corrosión.

Generalmente, en todas las palas de embarcaciones navales, los tipos de corrosión que básicamente se presentan son:

Corrosión por cavitación, bajo esfuerzo y microbacterial.

- Corrosión por cavitación.

  La corrosión por cavitación, es una forma especial de corrosión por erosión y es causada por la formación y colápso de burbujas de vapor en las superfícies de las palas, las mismas que se producen debido a un cambio de flujo y caida de presión a elevada velocidad.

  Cuando las palas sufren este tipo de corrosión, las superfícies metálicas y las uniones soldadas presentan zonas rugosas.

- Corrosión bajo esfuerzo.

  Este tipo de corrosión, se produce debido a tensiones internas residuales que pueden existir en las planchas metálicas como en las uniones soldadas de las palas. En las uniones soldadas existen esfuerzos residuales debido a la contracción del material de aporte.

  Cuando las palas se encuentran bajo la corrosión por cavitación, y además, tomando en cuen-

ta las tensiones internas residuales existente en el material como en la soldadura, la composición del agua de mar y la temperatura, la corrosión que tiende a presentarse, es la corrosión bajo esfuerzo, a tal extremo, cuando éstas tensiones no pueden ser controlables, se producen grietas y así, falla el material o la unión soldada.

- Corrosión microbacterial.

La corrosión microbacterial, es el deterioro de un material por un proceso de corrosión que ocurre directamente o indirectamente como resultado de una actividad de fermentación de micro-organismos.

La corrosión microbacterial, puede presentarse por varias formas, entre ellas se tiene:

1.- Por la acción directa de la producción de sustancias corrosivas, tales como dióxido de carbono, sulfatos de hidrógeno y ácidos orgánicos o inorgánicos.

2.- Por el metabolismo de bacterias producidas por productos orgánicos, que pueden ser desplazadores o catalizadores.

Estas bacterias, producidas por sustancias pue-

den estar en contacto con las superfícies de las palas, produciéndose así ataques localizados muy severos debido a que éstos depósitos forman celdas diferenciales de oxígeno formando se así zonas anódicas y catódicas en las palas.

Entre los métodos de protección para las palas de las embarcaciones navales, cuando se presentan estos tipos de corrosión antes mencionados, algunos inspectores, prefieren corriente impresa, sobretodo para embarcaciones grandes y rápidas. Sin embargo, este método implica mucha atención técnica.

Muchos inspectores prefieren una combinación de ánodos galvánicos con pintura avanzada, ya que los ánodos galvánicos no necesitan mantenimiento alguno fuera de recambio cuando en dique. Sólo se requiere un número reducido de ánodos si se aplica un buen método de pinturas.

1.5.3 Análisis de distorsión.

La distorsión puede ser definida como cualquier cambio de dimensión en las partes soldadas y en general, hay seis tipos de cambios de dimensión o distorsión que pueden resultar, entre ellos anotamos los siguientes:

Contracción transversal, distorsión angular, dis-

torsión rotacional, contracción longuitudinal, distorsión longuitudinal por flexión y distorsión por pandeo. Ver la figura 8.

1.- Contracción transversal.

Este tipo de distorsión, se presenta como una reducción de dimensión, perpendicular a la dirección del cordón de soldadura y se presenta en la soldadura a tope como también en la soldadura en ángulo. Ver las figuras 8 (a) y 8 (b).

En la soldadura a tope, la contracción transversal puede determinarse con las siguientes expresiones: (Ref. 8).

$$\delta t = C1 \frac{Aw}{t} + C2\ d \qquad \text{Ec. Sparagen-Ettinggeris} \qquad (6)$$

$$\delta t = C3 \alpha B \frac{Aw}{t} + \alpha w\ b \qquad \text{Ec. Malisius} \qquad (7)$$

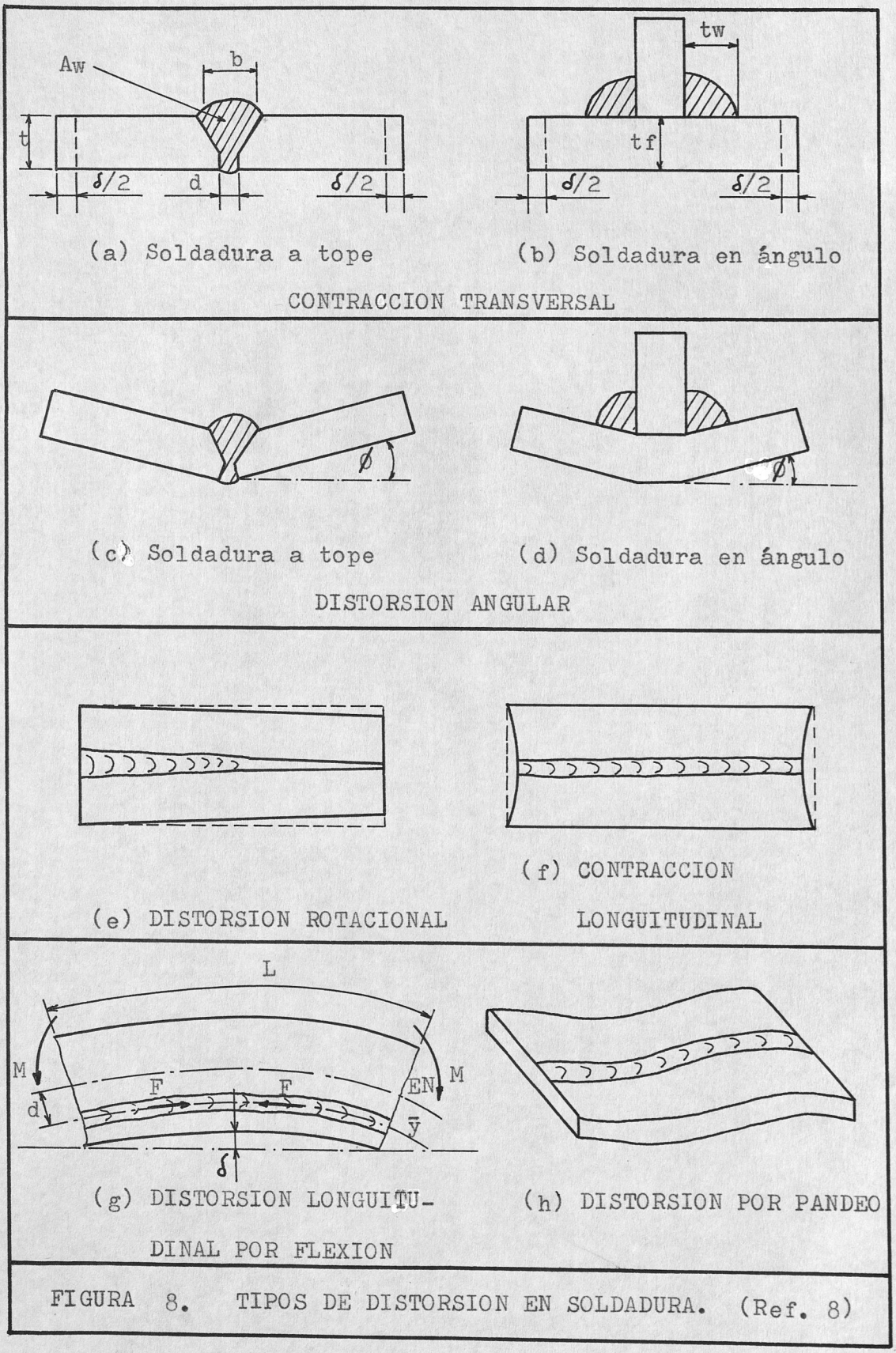
donde:

δt = Contracción transversal en soldadura a tope

Aw = Area transversal de la soldadura

t = Espesor de plancha

d = Ancho de raíz del cordón de solda



(a) Soldadura a tope (b) Soldadura en ángulo

CONTRACCION TRANSVERSAL

(c) Soldadura a tope (d) Soldadura en ángulo

DISTORSION ANGULAR

(e) DISTORSION ROTACIONAL

(f) CONTRACCION LONGUITUDINAL

(g) DISTORSION LONGUITUDINAL POR FLEXION

(h) DISTORSION POR PANDEO

FIGURA 8. TIPOS DE DISTORSION EN SOLDADURA. (Ref. 8)

dura

b = Tamaño promedio del cordón de soldadura

αB = Coeficiente experimental del material base

αw = Coeficiente experimental del material de soldadura

C1, C2, C3 = Constantes experimentales

Mientras que en la soldadura en ángulo, la contracción transversal puede ser determinada con la siguiente expresión: (Ref. 8).

$$\delta t = C_4 \frac{tw}{tf} \qquad (8)$$

donde:

δt = Contracción transversal en soldadura en ángulo

C_4 = Constante experimental

tw = Ancho del cordón de soldadura

tf = Espesor de plancha base

2.- Distorsión angular.

Este tipo de distorsión, se tiene en la soldadura a tope y en la soldadura en ángulo, y se muestra en las figuras 8 (c) y 8 (d), y es el

resultado de una pérdida de perpendicularidad entre el alma y la base de la viga.

3.- Distorsión rotacional.

La distorsión rotacional, como se muestra en la figura 8 (e), resulta de una pérdida de paralelismo entre dos planchas soldadas con un extremo soldado más ancho.

4.- Contracción longuitudinal.

Se presenta como una reducción no uniforme en dirección paralela al cordón de soldadura. Ver figura 8 (f).

5.- Distorsión longuitudinal por flexión.

Este tipo de distorsión, como se muestra en la figura 8 (g), es el resultado de una flexión térmica, cerca del eje de la soldadura y a menudo ocurre durante la fabricación de vigas. Este tipo de distorsión, se la puede determinar con la siguiente expresión: (Ref. 8).

$$\delta_1 = \frac{F\ d\ L^2}{8\ E\ I} \qquad (9)$$

$$\delta_1 = \frac{C_5\ Aw\ d\ L^2}{I} \qquad (10)$$

donde:

δl = Distorsión longuitudinal

F = Fuerza de contracción a lo largo del eje central de la soldadura

d = Distancia entre el eje central de la soldadura y el eje neutro de la unión

L = Longuitud de soldadura

E = Módulo del material

I = Momento de inercia de la soldadura

Aw = Area transversal de la soldadura

C5 = Constante experimental

6.- Distorsión por pandeo.

Finalmente, éste tipo de distorsión que se muestra en la figura 8 (h), ocurre frecuentemente en planchas finas, debido a una distorsión por flexión y se asemeja a una onda senosoidal, mientras que, cuando se tiene sólo distorsión por flexión, las magnitudes son pequeñas y son siempre la mitad de una onda senosoidal.

Entre una de las formas más aconsejables de disminuir la distorsión, es la de diseñar y fabricar las estructuras soldadas, de tal modo que, al en-

friarse la soldadura, la tendencia a contraerse sea mínima.

En muchos casos, la distorsión puede mantenerse en un mínimo, al proporcionar una adecuada restricción durante la soldadura y posterior al enfriamiento. Pero sin embargo, se debe tener cuidado con las tensiones residuales. Además, se deben de tomar en cuenta ciertas consideraciones, tales como:

- Evitar el solape y la socavadura
- Evitar un excesivo refuerzo sobre la plancha
- Evitar un excesivo número de pasadas
- Mantener pasadas parejas en ambos lados de la unión

1.5.4 Zona de fusión y zona afectada por el calor.

Llámese zona de fusión, a la zona donde se realiza la deposición del material de aporte a elevada temperatura.

Mientras que, la zona afectada por el calor, ZAC, es una zona angosta especialmente sensible a las entalladuras, que es inevitable durante el proceso de soldadura. La sensibilidad de ésta zona, se debe a un efecto metalúrgico, asociado con los elementos químicos que conforman el acero y con el e-

fecto del temple, debido al enfriamiento de esa zona que se encuentra a elevada temperatura, con las planchas frías adyacentes.

En las zonas afectadas por el calor, es conveniente reducir la sensibilidad a las entalladuras, cuando se sueldan planchas restringidas en su movimiento ó cuando existe el riesgo de producirse un fuerte temple en la soldadura, y la forma de minimizar esta sensibilidad, es precalentando la zona adyacente a la soldadura. Esta zona, se encuentra representada en la figura 9, y puede ser determinada con la siguiente expresión: (Ref. 9).

$$\frac{1}{Tp - To} = \frac{4.13 \rho c t y}{Hnet.} + \frac{1}{Tm - To} \qquad (11)$$

donde:

Tp = Temperatura máxima, ^{o}C

To = Temperatura inicial de la plancha, ^{o}C

ρ = Densidad del material, gr/cm^3

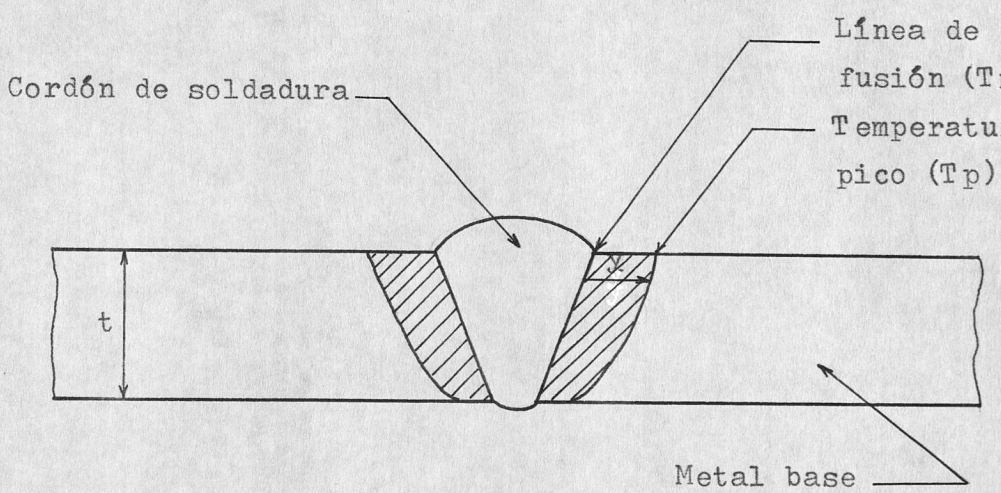
c = Calor específico, $J/gr\ ^{o}C$

t = Espesor de plancha, mm

y = Distancia (mm) desde la línea de fusión a la ZAC donde se produce Tp

Hnet. = Energía suministrada por el arco, J

Tm = Temperatura de fusión de la plancha, ^{o}C



Nota:

La zona rayada, es la zona afectada por el calor o ZAC, y es la región sensible a las entalladuras.

FIGURA 9. SOLDADURA A TOPE MOSTRANDO LA ZONA AFECTADA POR EL CALOR, ZAC. (Ref. 9)

fl = Factor de transferencia, 0.9

E = Voltaje, volt.

I = Amperaje, Amp.

v = Velocidad de arco, mm/seg.

$$Hnet. = \frac{fl\ E\ I}{v} \qquad (12)$$

1.5.5 Precalentamiento y postcalentamiento.

A.- Precalentamiento.

El propósito principal del precalentamiento es tener un enfriamiento lento, teniéndose así, que la cantidad de calor en el área a soldar como la temperatura, son factores muy importantes. La cantidad de precalentamiento requerido, para una aplicación dada, depende de varios factores tales como:

Composición química del metal base, espesor de plancha, restricciones y calor que entra al proceso.

El precalentamiento se utiliza para los siguientes propósitos:

1.- Para reducir la contracción de esfuerzos en la soldadura y en el metal adyacente.

2.- Para proveer un enfriamiento lento a tra

vés del rango de temperatura crítica de 871°C a 721°C, preveniendo así, un excesivo endurecimiento y baja de ductilidad en la soldadura, conjuntamente con el área afectada por el calor de la plancha base.

3.- Para proveer un enfriamiento a través de los 204°C, dejando más tiempo para que todo el hidrógeno que se encuentra esparcido, se aleje de la soldadura y de las planchas adyacentes, para así evitar fisuras.

A.1 Métodos de precalentamiento.

Los métodos de precalentamiento dependen del espesor de la plancha, del tamaño de la soldadura y del equipo disponible para el calentamiento. Entre éstos métodos anotamos los siguientes:

- Calentamiento en horno
- Calentamiento a soplete
- Calentamiento con acetileno
- Calentamiento por inducción
- Calentamiento por radiacción

A.2 Temperatura de interpasos.

Es la temperatura entre pasos de soldadura, y que es igual a la temperatura de precalentamiento.

La Sociedad Americana de Soldadura y el Instituto Americano de Construcciones de Acero, han establecido un mínimo de precalentamiento y temperatura de interpasos requeridas para una soldadura en acero. Estas temperaturas se da a conocer en la Tabla III.

B.- Postcalentamiento.

El postcalentamiento, se aplica principalmente como un tratamiento de atenuación de tensiones. En la soldadura de algunos aceros de elevado contenido en carbono, el postcalentamiento es tan importante como el precalentamiento. Las temperaturas de postcalentamiento para atenuaciones de tensiones, suelen situarse entre 470°C y 670°C. En cuando al período de mantenimiento a la temperatura de tratamiento, suele ser del órden de una hora por cada 25 milímetros de espesor.

1.5.6 Defectología.

Los defectos en la soldadura por arco pueden ser de tipo mecánico o metalúrgico. Tanto los cordo-

TABLA III

PRECALENTAMIENTO MINIMO Y TEMPERATURA DE INTERPASOS. (Ref.10)

PROCESO DE SOLDADURA	
	Proceso de Electrodo Revestido (SMAW)
Espesor de plancha, plg	ASTM A36[1]
Hasta 3/4 incluido	Ninguno[2]
De 3/4 a 1 1/2 incluido	65°C
De 1 1/2 a 2 1/2 incluido	107°C
Sobre 2 1/2	150°C

1 Cuando la temperatura del metal base se encuentra bajo de 0°C, se recomienda precalentar la base a la temperatura mínima de 22°C y mantener ésta temperatura durante el soldeo.

2 Utilizar electrodos de bajo hidrógeno para soldar acero A36, para puentes con más de 1 plg. de espesor.

nes de soldadura como los materiales base no son perfectos. Esto es reconocido por los principales códigos de soldadura que permiten algunos defectos en las uniones y ponen limitaciones a muchas condiciones defectuosas. Algunos defectos en la soldadura no producen una rotura en servicio, más otros pueden ser críticos bajo ciertas condiciones que atribuyen a la rotura. A continuación se hará un breve recuento de los principales defectos a ser encontrados en la soldadura.

- DESALINEAMIENTO.- Es la falta de acoplamiento en los topes de la soldadura o desalineación de extremos de la plancha en la soldadura de raíz. Su causa se explica por problemas de acoplamiento y por preparaciones inadecuadas de bordes, como se puede observar en la figura 10 (a).

- FALTA DE FUSION.- Se trata de una fusión incompleta de algunas partes metálicas de la junta soldada. Puede presentarse entre cordones o entre soldadura y metal base, como se observa en la figura 10 (b). Usualmente se produce porque la corriente utilizada es la inadecuada.

- FALTA DE PENETRACION.- Es una penetración incompleta de la soldadura, en una parte del espesor de la unión. Generalmente afecta a la primera pasada o bien a soldaduras hechas desde uno o

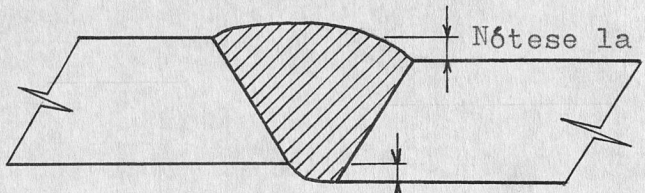
ambos lados de la unión. En uniones dobles, la falta de penetración es consecuencia de un efecto oculto. Este defecto se produce por la utilización de corrientes muy bajas y por falta de preparación de la junta al soldar, lo cual se observa claramente en la figura 10 (c).

- SOLAPE.- Por solape se entiende un exceso de metal de soldadura que se extiende excesivamente fuera de los límites del cordón soldado sobre la superfície del metal base, ver figura 10 (d).

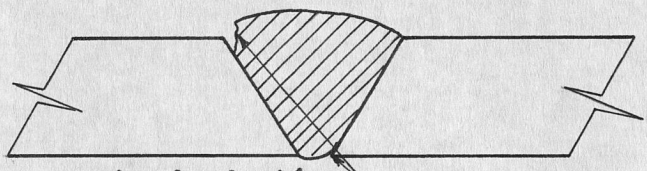
- POROSIDAD.- Es consecuencia de la presencia de bolsas de gas (normalmente de forma esférica), causada por gases que no pudieron salir durante la solidificación del baño de soldadura. Las grandes bolsas de gas alargadas se llaman sopladuras y pueden estar parcialmente llenas de escoria, como se observa en la figura 10 (e).

- CONCAVIDAD.- Se produce por el hundimiento, por gravedad del metal fundido o por la tensión superficial del chaflán de soldadura que introduce el metal fundido del mismo.

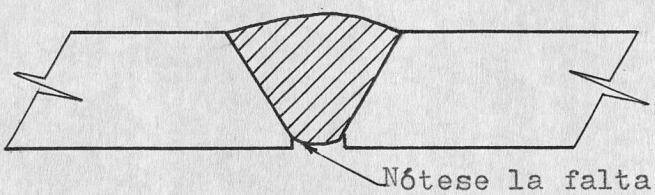
- INCLUSIONES DE ESCORIA.- La escoria representa materiales sólidos no metálicos atrapados en el cordón de soldadura o entre metal base y metal de soldadura. Las escorias pueden aparecer co-



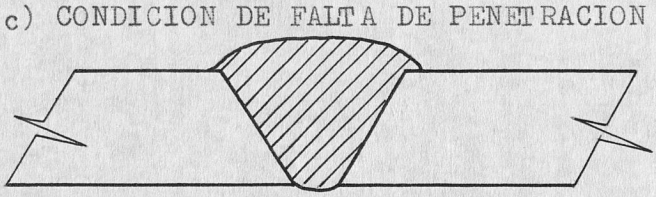
(a) CONDICION DE DESALINEAMIENTO



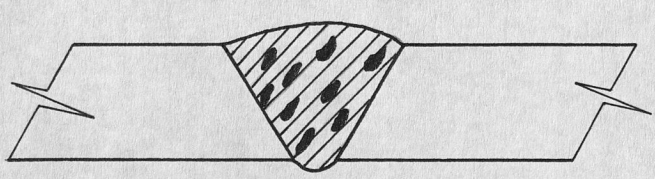
(b) CONDICION DE FALTA DE FUSION



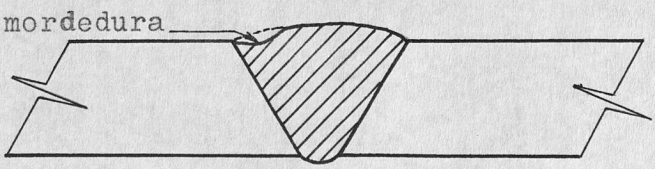
(c) CONDICION DE FALTA DE PENETRACION



(d) CONDICION DE SOLAPE



(e) CONDICION DE POROSIDAD



(f) CONDICION DE MORDEDURA

FIGURA 10. DEFECTOS DE SOLDADURA. (Ref. 5)

mo partículas aisladas o como líneas contínuas o interrumpidas.

- MORDEDURA.- Representa una cavidad o canal contínuo en el metal base adyacente al cordón soldado. Es una condición de fuerte entalle que puede producir grietas y roturas, obsérvese la figura 10 (f).

- FISURAS.- Son los defectos más críticos que se encuentran en una unión soldada. Varias son las causas que conducen a la obtención de una soldadura fisurada, pudiéndose generalizar que un diseño defectuoso de la junta es la causa que origina este defecto.

Los factores antes mencionados tales como análisis de esfuerzos, análisis de corrosión, análisis de distorsión, zona de fusión y zona afectada por el calor, precalentamiento y postcalentamiento y defectología, serán tomados en cuenta para el correcto diseño de las uniones en la pala del sistema de gobierno para obtener una estructura rígida y homogenea.

CAPITULO II

DISEÑO Y CALCULO

2.1 SELECCION DE MATERIAL BASE, APORTE Y EQUIPO DE SOLDADURA.

A.- Selección de material base.

Como todo proyecto, la correcta selección del material comprende una parte de gran importancia porque de ello dependerá la vida útil de la obra. Para esta selección, se deberá tomar ciertas consideraciones tales como medio, lugar y temperatura de trabajo de la pala, por lo tanto se tiene:

- Medio: Salino
- Lugar: Costas Ecuatoriana
- Temperatura: Entre 22 y 28°C. (Ref. 11)

La Agencia Americana de Embarcaciones, recomienda para la construcción de la pala, un material de elevada resistencia a la corrosión, y de acuerdo a la temperatura de trabajo, el material seleccionado es el A36, también conocido como acero naval y cuyos requerimientos sa da a conocer en la Tabla IV.

El GRADO A, es el que indica el tipo de aplicación con su correspondiente espesor de plancha y no requie

TABLA IV

REQUERIMIENTOS PARA ACERO DE ALTA RESISTENCIA PARA ESTRUCTURAS DE BUQUES. (Ref.2)

GRADO A36

PROCESOS DE FABRICACION: Martin - Siemens, oxígeno básico u horno eléctrico

COMPOSICION QUIMICA (Análisis de cuchara)

Carbono, % 0.18 máx.	Manganeso, % 0.90-1.60	Fósforo, % 0.04 máx.	Azufre, % 0.04 máx.	Silicio, % 0.10-0.40
Níquel, % 0.40 máx.	Cromo, % 0.25 máx.	Molibdeno, % 0.08 máx.	Cobre, % 0.35 máx.	
Columbio, % (Niobio) 0.05 máx.	Vanadio, % 0.10 máx.	Aluminio, % (Soluble en ácido) 0.060 máx.	Aluminio, % (Total) 0.065 máx.	

PRUEBA DE TRACCION

Resistencia a la tracción	50-63 Kg/mm^2
Límite elástico	36 Kg/mm^2
Alargamiento mínimo	19 % en 200 mm. 20 % en $5.65\sqrt{A}$ (A igual al área de la probeta)

Nota:

Los números que siguen la designación del Grado, indican el límite elástico a que el acero está pedido y producido en kilogramos por mm. cuadrados.

re tratamiento térmico.

A.1.- Pruebas e inspecciones.

Todos los materiales estan sujetos a pruebas e inspecciones y se inspeccionarán por los Inspectores de la Agencia Americana de Embarcaciones de acuerdo con las exigencias requeridas. Los materiales que tengan características que difieran de las prescritas en las presentes pueden aprobarse, en consideración a las prácticas establecidas en el país en que se produce el material y la finalidad para que se destina el mismo.

BIBLIOTECA

B.- Material de aporte.

Los electrodos como material de aporte para la construcción de la pala, se utilizarán aquellos cuyas características caen dentro del grupo denominado "Electrodos revestidos de bajo hidrógeno con polvo de hierro para Soldadura al Arco", reconocidos como AWS A5.1 y AWS A5.5 (Ref. 12), aprobados por la Agencia Americana de Embarcaciones, ABS.

Una vez revisados los factores antes anotados, se tiene que para éste tipo de trabajo, que corresponde a la construcción de la pala del sistema de gobierno,

BIBLIOTECA

se recomienda los electrodos E 6011 y el E 7018, cuyas características se detallan en las Tablas V y VI.

Los requerimientos radiográficos que son necesarios cuando se utilizan éstos tipos de electrodos, son mostrados en la Tabla VII.

El GRADO I, es empleado para radiografías de alta sensibilidad y sirve para indicar pequeñas y pocas porosidades en relación con el GRADO II, que es utilizado para indicar las radiografías con sensibilidad normal.

Para la verificación de la existencia de los electrodos en el mercado, la Agencia Americana de Embarcaciones, presenta manuales de electrodos para soldadura con electrodos revestidos y se da a conocer en la Tabla VIII.

C.- Equipo de soldadura.

De los diferentes tipos de máquinas electrosoldadoras, la seleccionada es:

- Máquina electrosoldadora de transformador con rectificador.

Las características de éste tipo de máquina se tiene en la Tabla IX.

TABLA V

ELECTRODO CELULOSICO. (Ref. 13)

C - 13

Color de Revestimiento	Identificación
Blanco	Punta Azul claro

Norma:

AWS
E 6011

Análisis del metal depositado:

C	Mn	Si
0.06-0.07%	0.4-0.5%	0.25%

Caracte-rísticas: Electrodo del tipo celulosico, para soldaduras de penetración. El arco es muy estable, potente y el material depositado de solidificación rápida, fácil aplicación con corriente contínua y alterna.

- Los depósitos son de alta calidad en cualquier posición.

Aprobación: AMERICAN BUREAU OF SHIPPING

Propiedades Mecánicas:

Resistencia a la Tracción	Alargamiento	Resistencia al Impacto
48-52 Kg/mm2	Lo= 5d	CHARPY - V
65.000 lbs/puig.2 á 72.000 lbs/puig2	22-26%	Kgm 10-12 (+20 C)

Posiciones de Soldar: Plana, horizontal, sobrecabeza, vertical ascendente, vertical descendente.

Corriente y Polaridad:

Para corriente alterna o contínua — Electrodo al polo positivo		
ϕ mm	ϕ Puig.	Amperaje
2.50	3/32	70-90
3.25	1/8	90-130
4.00	5/32	130-160
5.00	3/16	160-200

Aplicaciones:

- Soldadura para aceros no templados (aceros dulces).
- Carpintería metálica.
- Estructuras y bastidores para máquinas.
- Chapas gruesas y delgadas.

LARGO: 350 mm. PESO POR CAJA: 20 Kg./44 lbs.

TABLA VI

ELECTRODO BASICO DE BAJA ALEACION. (Ref. 13)

(SUPERCITO)

Color de Revestimiento	Identificación
Gris	Punta Blanca

Norma:

AWS
E 7018

Análisis del metal depositado:

C	Mn	Si
0.06%	1.0%	0.65%

Caracte-risticas: Electrodo con revestimiento de bajo hidrógeno, con polvo de hierro. Indicado para la soldadura de aceros de alta resistencia a la tracción (56 Kg./mm² Máx) así como para aceros de construcción. Su arco es sumamente estable, con muy poco chisporroteo y para mejores resultados úsese arco corto.

Aprobación: AMERICAN BUREAU OF SHIPPING

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la Tracción	Alargamiento	Resistencia al Impacto
55-57 Kg/mm2	Lo=5d	CHARPY - V Kgm
78.000 á 80.000 lbs./pulg.2	30-33%	18-20 (+20°C)

Posiciones de Soldar: Plana, horizontal, sobrecabeza, vertical ascendente, vertical descendente.

Corriente y Polaridad:

Para corriente alterna o continua — Electrodo al polo positivo.		
ϕ mm	ϕ Pulg.	Amperaje
3.25	1/8	100-140
4.00	5/32	140-190
5.00	3/16	190-230

Aplicaciones:

- Para aceros de mediano y bajo carbono, baja aleación.
- Para aceros laminados en frío, por sus características de resistencia a la deformación a altas temperaturas, su fácil manejo y óptimo rendimiento, es especialmente adecuado.
- Para soldadura de tuberías de vapor.
- Calderas de alta presión, tanques.
- Piezas para maquinaria pesada.
- Construcciones metálicas en obra.
- Reparaciones Navales.

LARGO: 350 mm. PESO POR CAJA: 20 Kg./44 lbs.

NOTA: Los electrodos Húmedos o con manchas de grasa, deben destruirse.

TABLA VII

REQUERIMIENTOS RADIOGRAFICOS. (Ref. 10)

CLASIFICACION	CALIDAD RADIOGRAFICA
E XX15-X E XX16-X E XX18-X E 7020-X	GRADO I
E XX10-X E XX11-X E XX13-X E 7027-X	GRADO II

TABLA VIII

CARACTERISTICAS DE ELECTRODOS AGA. (Ref. 14)

NOMBRE COMERCIAL ECUADOR	GRADO	POSICION	CORRIENTE POLARIDAD	TAMAÑOS
AGA DEL ECUADOR				
+ AGA C13 6011	2	TODAS	AC/DC	2.5-5.0 mm.
+ AGA R10 7018	2	TODAS	AC/DC	2.5-5.0 mm.

TABLA IX

TRANSFORMADOR Y RECTIFICADOR. (Ref. 15)

MAQUINA Modelo	TIPO (60 Hz)	REGIMEN DE SALIDA		REGIMEN TRABAJO	CORRIENTE DE SALIDA Tipo	SISTEMA DE POTENCIA REQUERIDA
		Corriente (Amp)	Arco (Volt)			
TM-500/500	K-1110	500	40	60 %	AC y CC	Monofásica

2.2 DISEÑO DE UNIONES SOLDADAS.

El diseño correcto de una unión, es muy importante en la construcción de palas de buques de acero soldados, porque permite tener una unión de buena calidad y además, disminuye la distorsión, esas características deben conseguirse a un costo razonable.

Como regla general, todas las soldaduras en la construcción de buques deben efectuarse en ambos lados, a menos que se coloque una platina de respaldo. Cuando la unión tiene poca accesibilidad de un lado, su uso puede ser considerado solo después de consultar con el ingeniero a cargo de la soldadura.

El diseño de las uniones en la pala del sistema de gobierno, se hace en base a reglas para la construcción de buques de acero (Ref. 7), las mismas que recomiendan la utilización de tres tipos de uniones, y estos son:

Unión a tope, en ángulo y de penetración completa.

A.- Unión a tope.

Este tipo de unión, es la más importante en la construcción naval y preferida con respecto a otras desde el punto de vista de resistencia a la tracción y concentración de tensiones.

Para espesores menores de 3/4 de plg. con respaldo,

el preparado de los bordes en "V" es suficiente, asegurándose así una penetración completa. Este tipo de unión se tiene en la figura 11.

B.- Unión en ángulo.

La sección transversal de una unión en ángulo, se parece mucho a un triángulo y se utiliza para miembros aproximadamente en ángulo recto uno con el otro, no requiere ningún tipo de preparación especial en las planchas pero los bordes deben ser lo suficientemente planos para conseguir un ajuste adecuado de la unión.

Dentro de este tipo de unión, los que se emplearán son:

Unión en ángulo de doble cordón, unión en "T" con doble cordón y cordón intermitente. Ver figuras 12 y 13.

C.- Unión en "T" con penetración completa.

En este tipo de unión, se bisela uno o los dos lados del alma de la "T". Estas uniones de penetración com son preferibles en las uniones en T donde el alma de la T se encuentra con tensión longuitudinal, además reduce a un mínimo la distorsión cuando se utiliza uniones con doble bisel. Ver figuras 14 y 15.

En cada una de las uniones, antes de que se realice el pro-

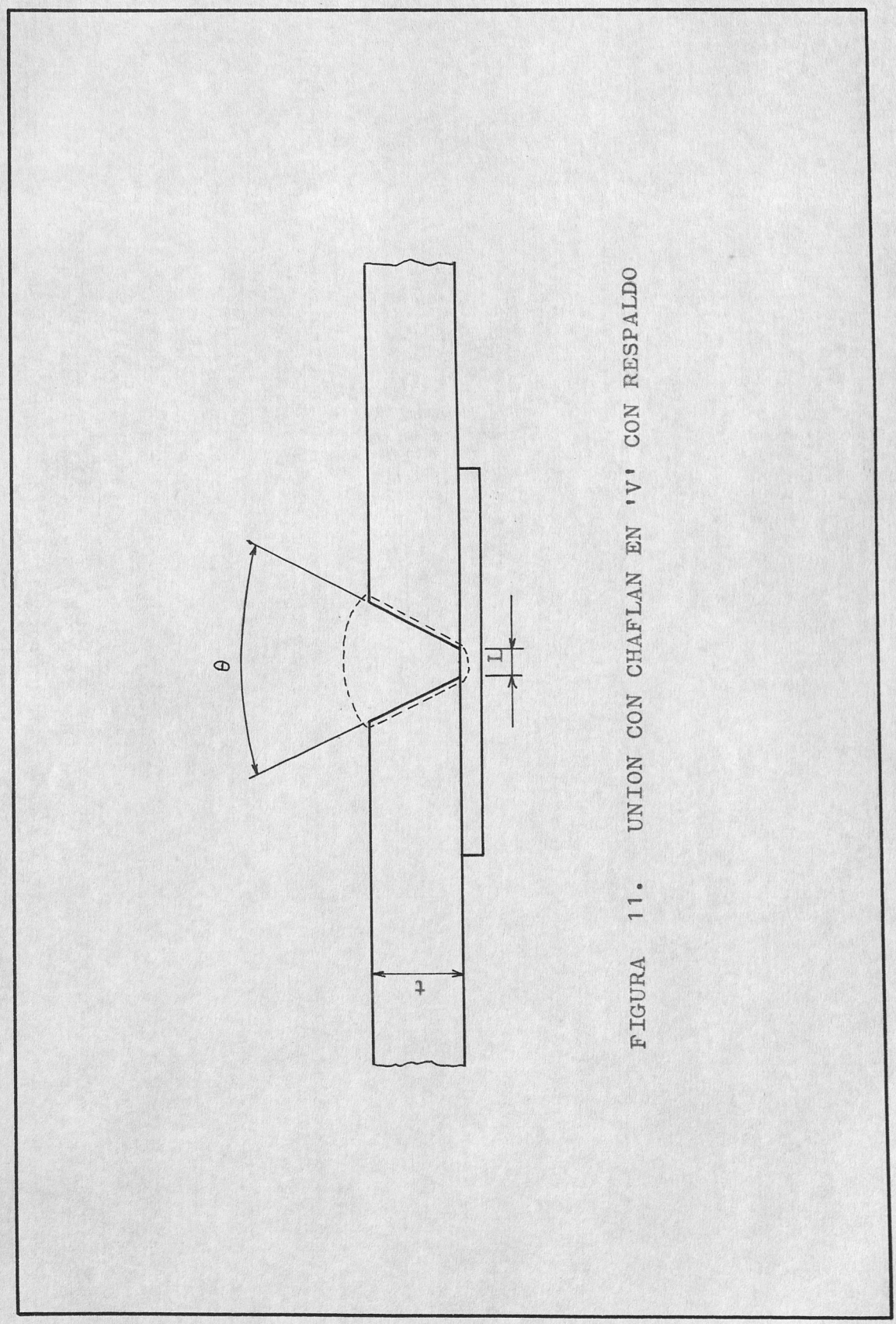


FIGURA 11. UNION CON CHAFLAN EN 'V' CON RESPALDO

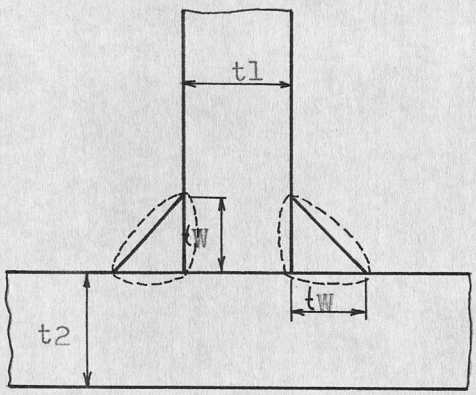


FIGURA 12. UNION EN 'T' CON DOBLE CORDON.

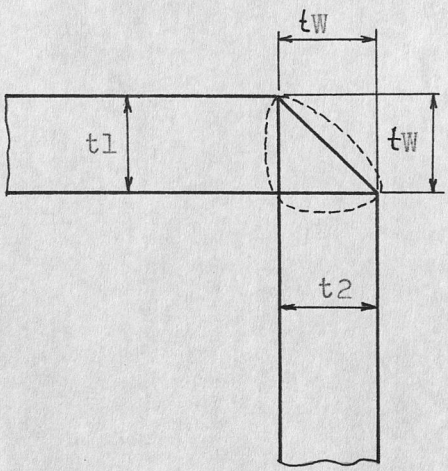


FIGURA 13. UNION A 90° CON UN SOLO CORDON

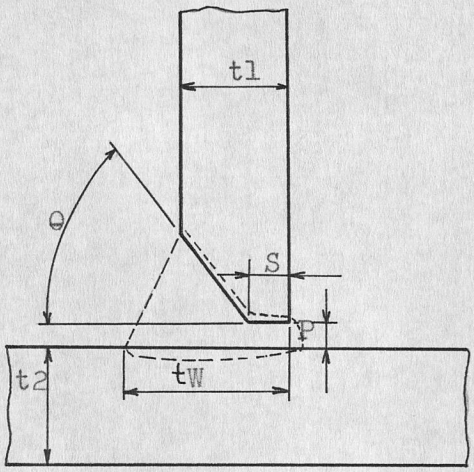


FIGURA 14. UNION EN 'T' CON CHAFLAN DE UN SOLO LADO

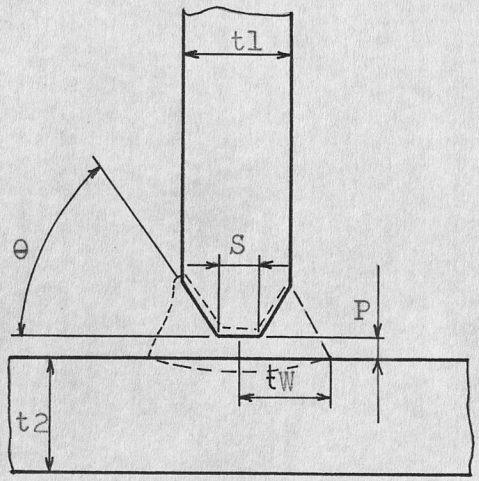


FIGURA 15. UNION EN 'T' CON CHAFLAN DOBLE.

ceso de soldeo se debe limpiar cualquier grasa, suciedad, pintura y escamas de óxido en los bordes de la unión.

Una vez diseñado los tipos de uniones, se hace uso de ellas para cada uno de los componentes que tiene la pala en base al plano general que se encuentra en el Apéndice "B", las aplicaciones de las mismas se encuentran en las figuras 16 hasta la figura 36.

BIBLIOTECA

2.3 CALCULO DE TAMAÑO DE SOLDADURA.

El tamaño de soldadura, depende exclusivamente del tipo de unión y del espesor de plancha. Se entiende como tamaño de soldadura a las dimensiones que tiene el cordón de soldadura.

El cálculo de tamaño de soldadura, permite conocer la cantidad de material de aporte que se necesita para realizar la unión de las planchas o elementos de la pala. Este cálculo se realiza para cada uno de los detalles indicados en el plano general del cual se obtuvo las figuras 16 hasta la figura 36 con su correspondiente tamaño de soldadura, en base a normas de la Agencia Americana de Embarcaciones.

Este cálculo se realiza para cada tipo de unión y cuyas ecuaciones son las siguientes:

- Unión con chaflan en 'V' con respaldo. (Ref. 7). Ver figura 11.

BIBLIOTECA

DETALLE A

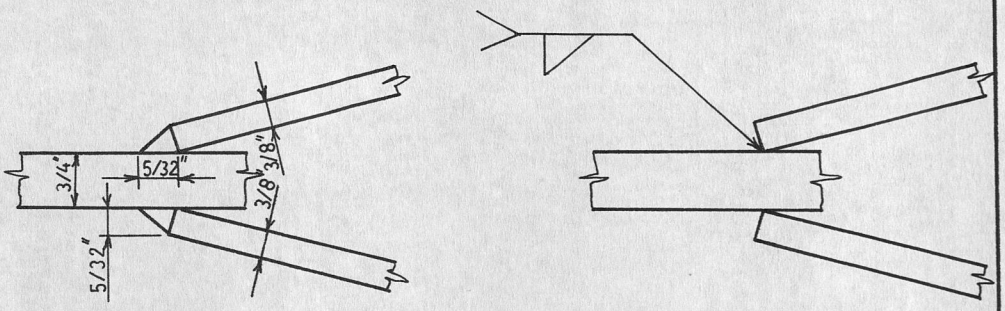


FIGURA 16. UNION ESPECIAL.

DETALLE B1

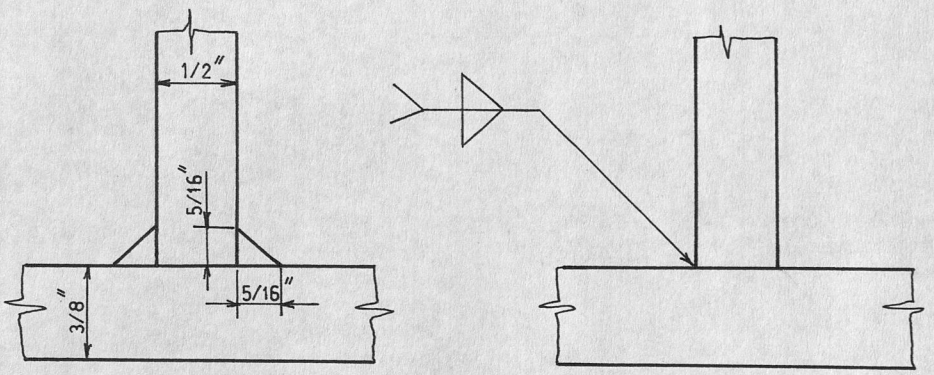


FIGURA 17. UNION EN 'T' CON DOBLE CORDON.

DETALLE B2

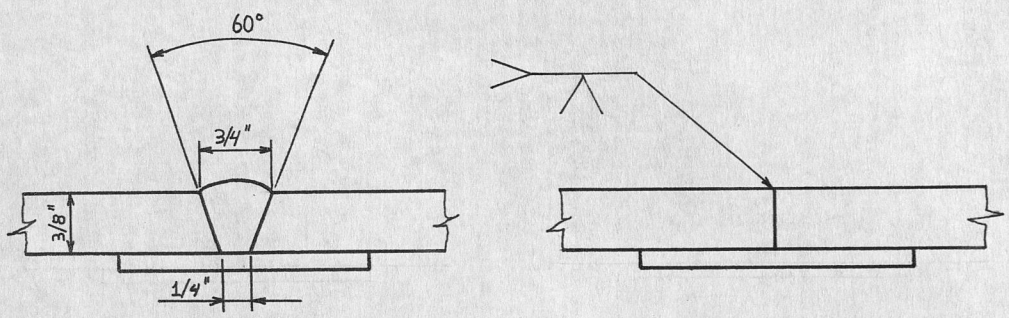


FIGURA 18. UNION CON CHAFLAN EN 'V' CON RESPALDO.

DETALLE C

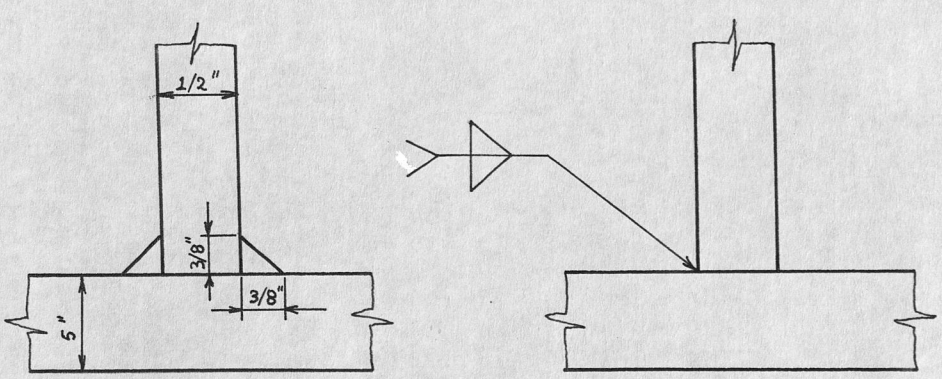


FIGURA 19. UNION EN 'T' CON DOBLE CORDON.

DETALLE D

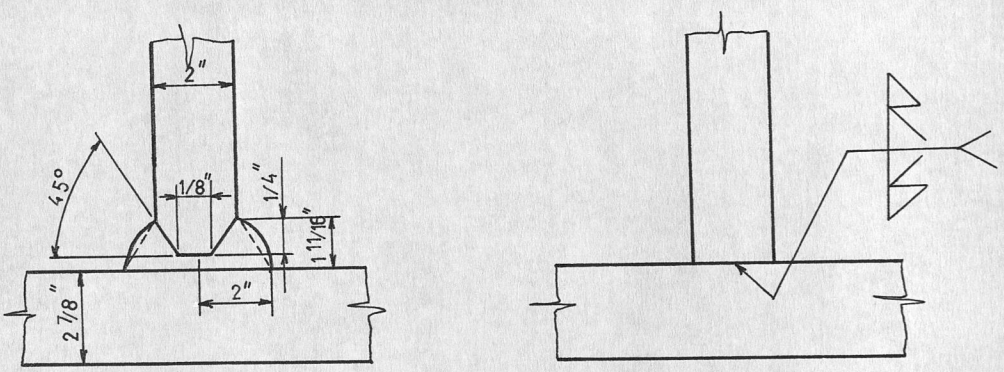


FIGURA 20. UNION EN 'T' CON CHAFLAN DOBLE.

DETALLE E

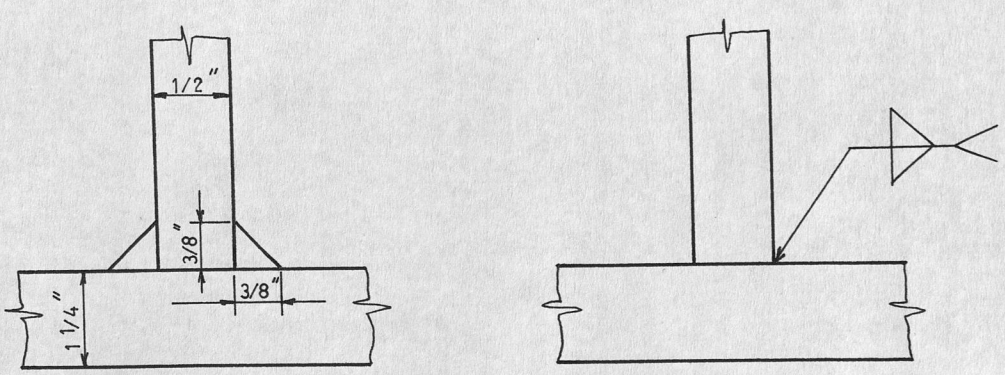


FIGURA 21. UNION EN 'T' CON DOBLE CORDON,

DETALLE F

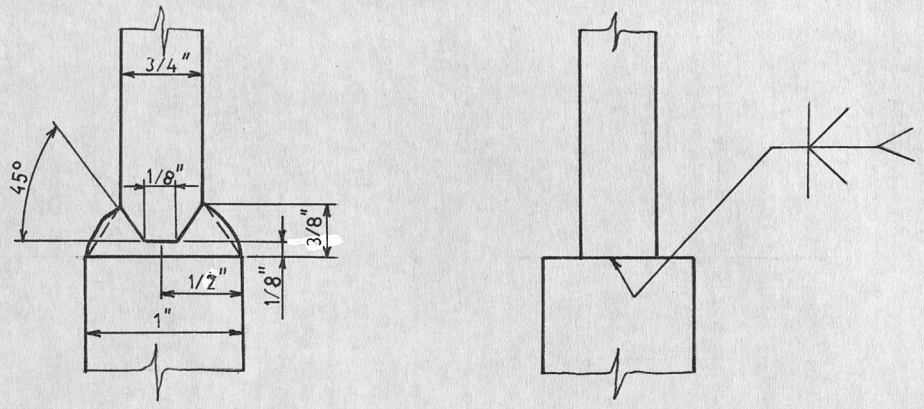


FIGURA 22. UNION EN 'T' CON CHAFLAN DOBLE.

DETALLE G

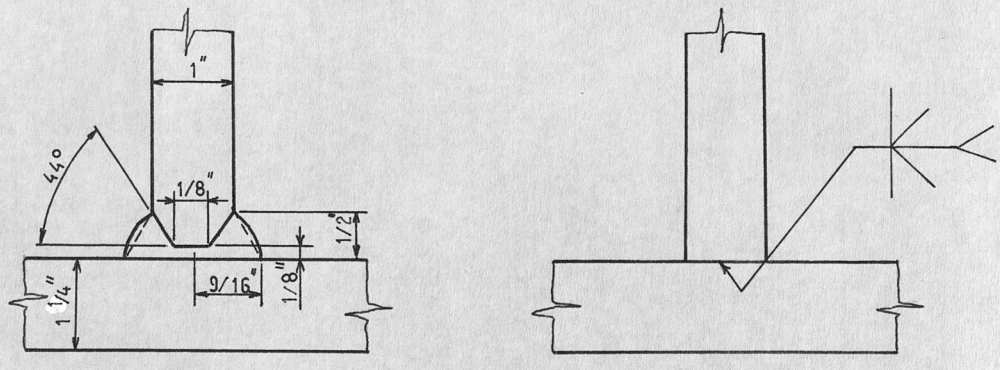


FIGURA 23. UNION EN 'T' CON CHAFLAN DOBLE.

DETALLE H_1

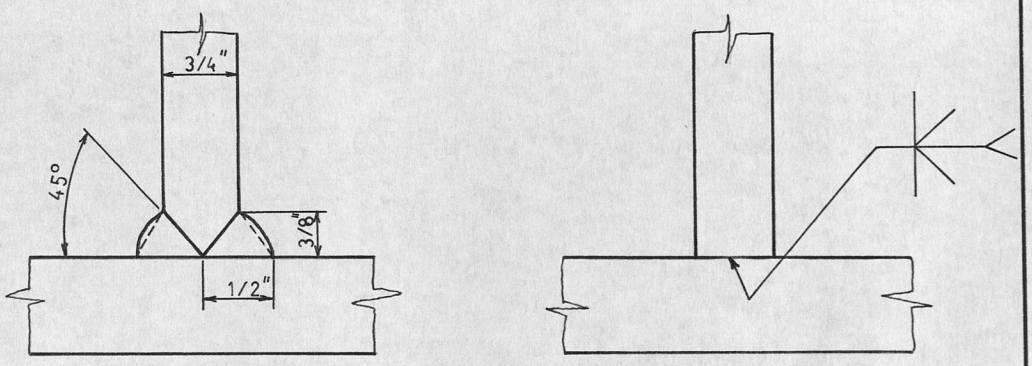


FIGURA 24. UNION EN 'T' CON CHAFLAN DOBLE.

DETALLE H_2

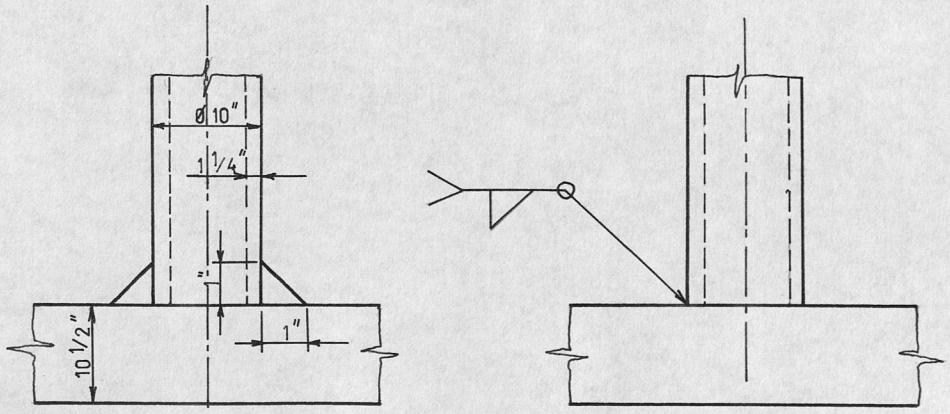


FIGURA 25. UNION EN 'T' CON CORDON ALRREDEDOR.

DETALLE I

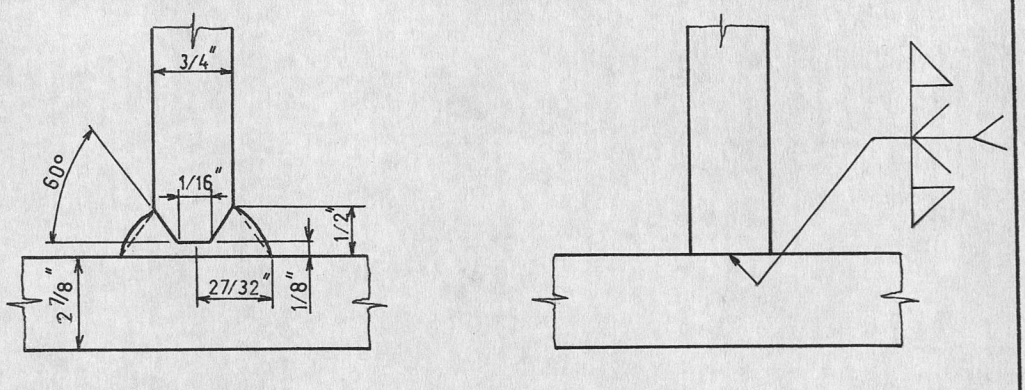


FIGURA 26. UNION EN 'T' CON CHAFLAN DOBLE.

DETALLE J

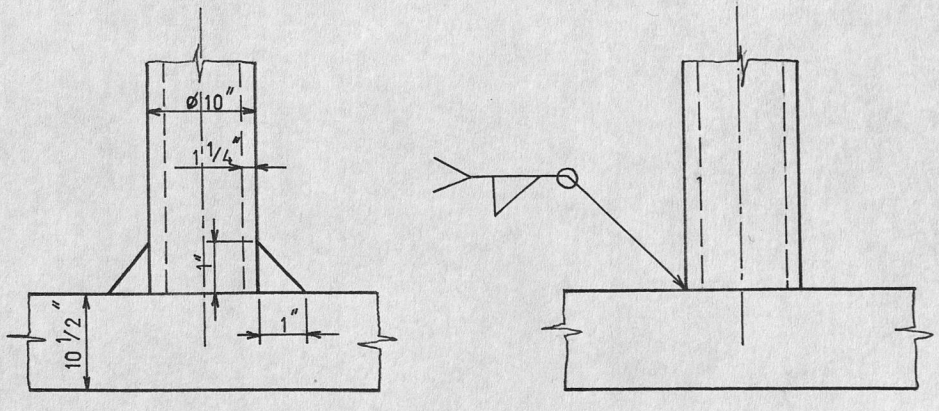


FIGURA 27. UNION EN 'T' CON CORDON ALRREDEDOR.

DETALLE K

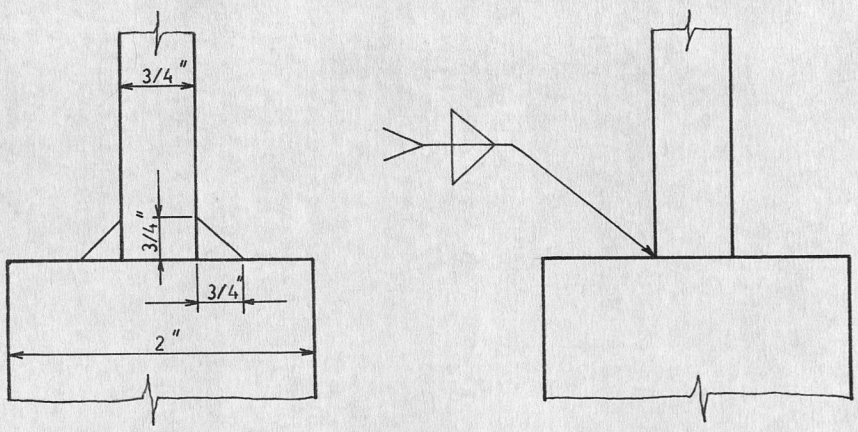


FIGURA 28. UNION EN 'T' CON DOBLE CORDON.

DETALLE L_1

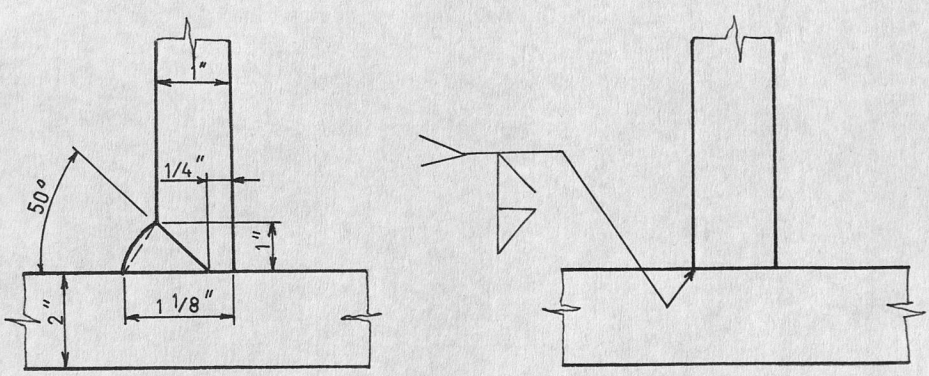


FIGURA 29. UNION EN 'T' CON CHAFLAN DE UN SOLO LADO.

DETALLE L2

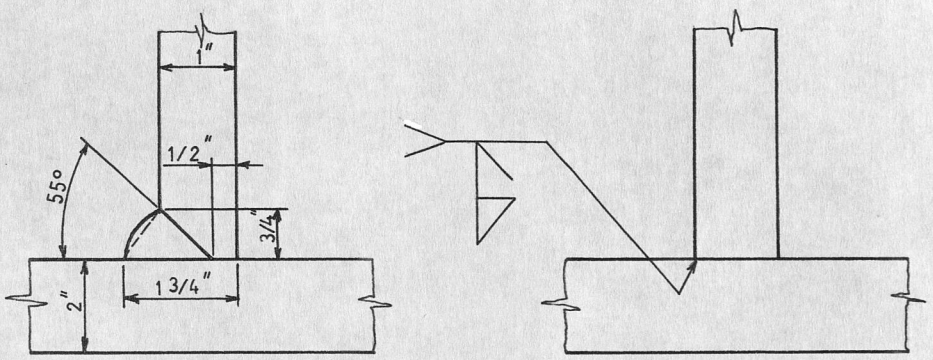


FIGURA 30. UNION EN 'T' CON CHAFLAN DE UN SOLO LADO.

DETALLE M

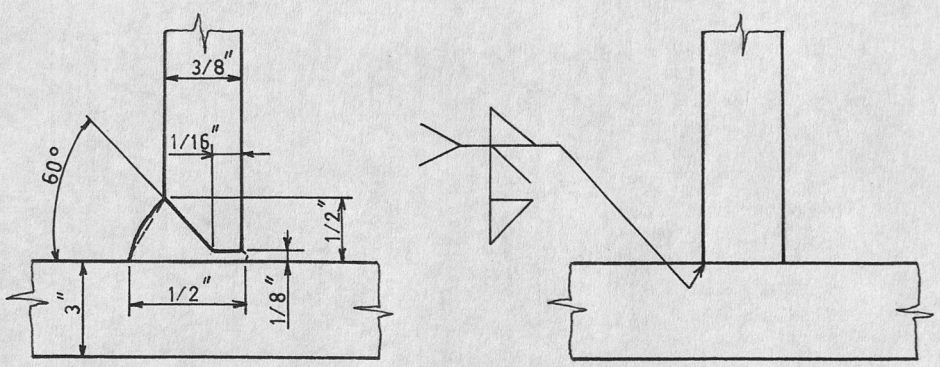


FIGURA 31. UNION EN 'T' CON CHAFLAN DE UN SOLO LADO.

DETALLE N

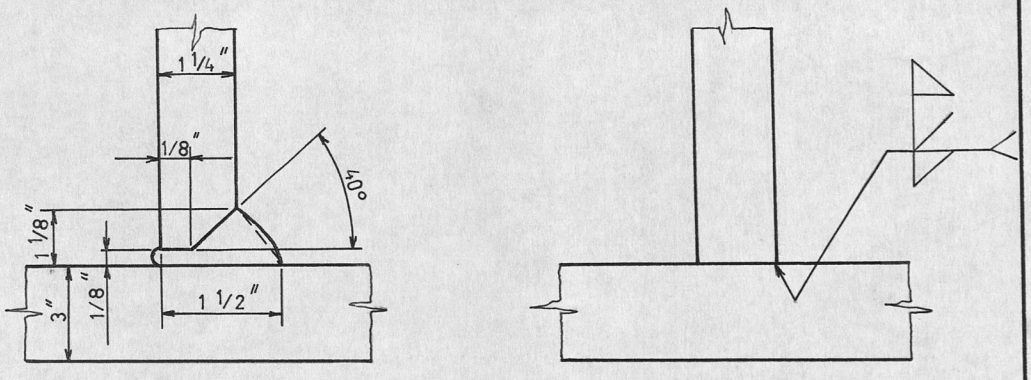


FIGURA 32. UNION EN 'T' CON CHAFLAN DE UN SOLO LADO.

DETALLE 01

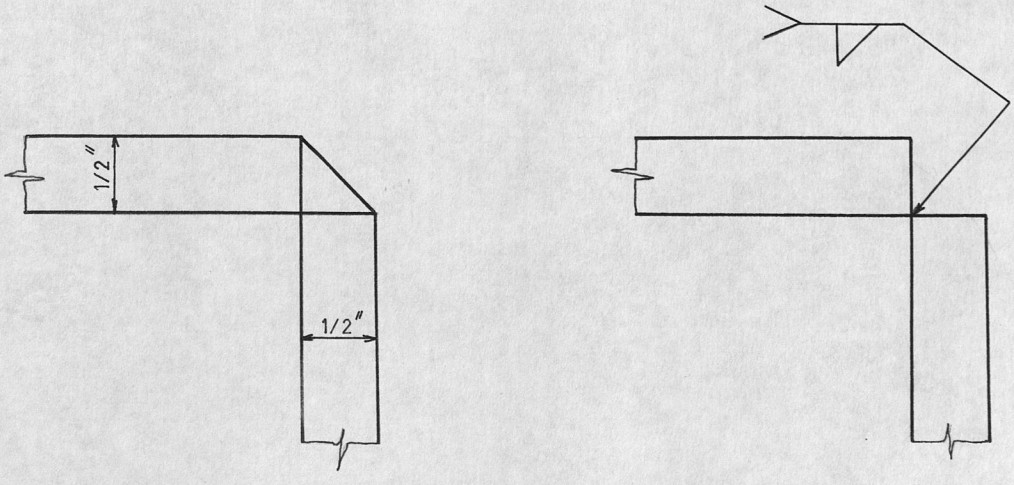


FIGURA 33. UNION A 90° CON UN SOLO CORDON.

DETALLE 02

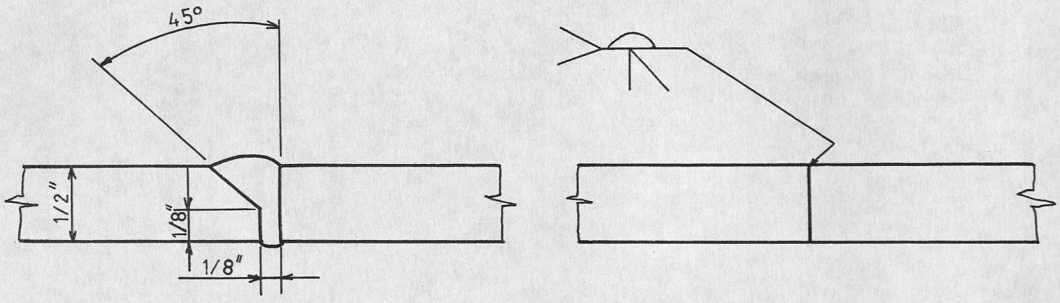


FIGURA 34. UNION EN 'T' CON CHAFLAN DE UN SOLO LADO.

DETALLE P

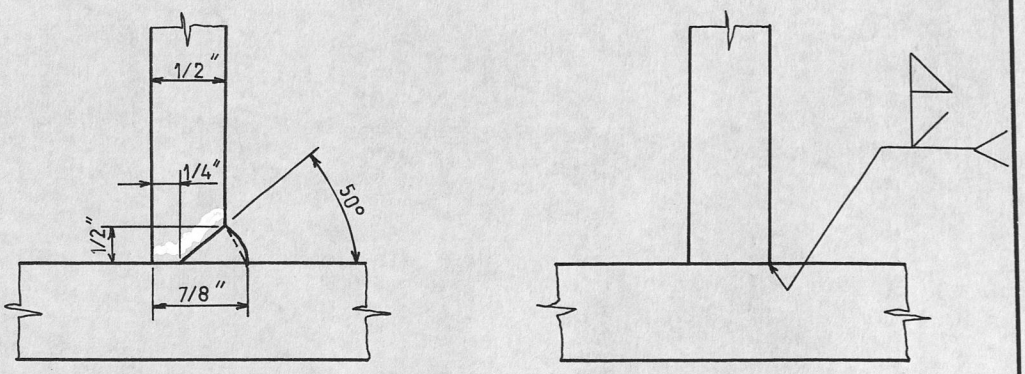


FIGURA 35. UNION EN 'T' CON CHAFLAN DE UN SOLO LADO.

DETALLE Q

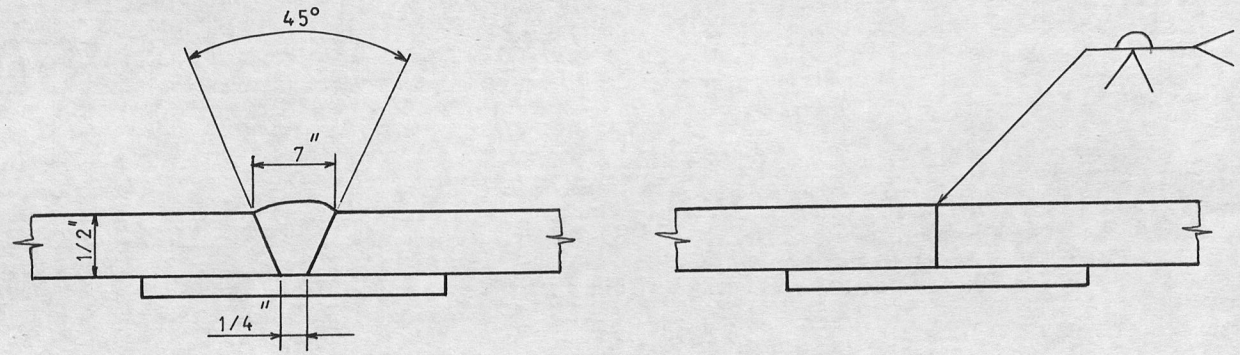


FIGURA 36. UNION CON CHAFLAN EN V CON RESPALDO

$$t \leq \frac{3}{4} \text{ plg.} \qquad (13)$$

$$0.125 \text{ plg.} \leq L \leq 0.1874 \text{ plg.} \qquad (14)$$

$$\theta \geq 45^{\circ} \qquad (15)$$

- Junta en 'T' con doble cordón. (Ref. 1). Ver figura 12

$$W \leq \frac{3}{4} \text{ tmin.} \qquad (16)$$

- Junta a 90° con un solo cordón. (Ref. 7). Ver figura 13.

$$W \geq \frac{\text{tmin.}}{2} \qquad (17)$$

- Junta en 'T' con uno o doble chaflan. (Ref. 7). Ver figuras 14 y 15.

$$W \geq \frac{\text{tmin.}}{2} \qquad (18)$$

$$0 \text{ plg.} \leq S \leq \frac{1}{8} \text{ plg.} \qquad (19)$$

$$0 \text{ plg.} \leq P \leq \frac{1}{8} \text{ plg.} \qquad (20)$$

$$\theta \geq 45^{\circ} \qquad (21)$$

donde:

t_W = Ancho del cordón de soldadura

tmin. = Espesor mínimo de plancha

t1 = Espesor de plancha

t2 = Espesor de plancha

S = Distancia mínima de plancha con bisel

P = Separación de planchas

θ = Angulo de chaflan

2.4 CALCULO DE PARAMETROS DE SOLDADURA.

Para realizar un determinado proceso de soldadura, se debe calcular los parámetros de soldadura. La Compañía Eléctrica Lincoln (Lincoln Electric Company), da a conocer la manera de calcular los diferentes parámetros de soldadura para varios tipos de uniones soldadas. Este cálculo se hace en base al tipo de unión, espesor de plancha y tamaño de soldadura.

En nuestro caso en particular, se tiene cinco tipos de uniones en el cual una misma unión variará en espasor de plancha y tamaño de soldadura.

Los parámetros de soldadura para los diferentes tipos de uniones se da a conocer en las Tablas X, XI, XII, XIII, XIV y XV.

TABLA X

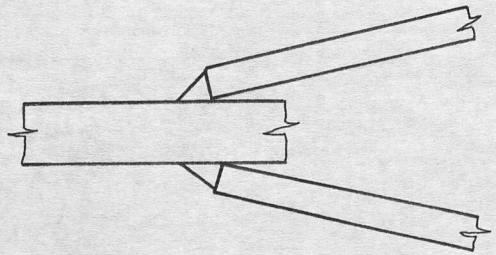
CALCULO DE PARAMETROS DE SOLDADURA	
POSICION: A: Plana proceso: SMAW	
DETALLE	A
Tamaño de soldadura (plg)	5/32
Espesor de placa (plg)	3/8
Pasos	1
Tipo de electrodo	E 7018
Tamaño	1/4
Corriente (Amp) AC	350
Velocidad de arco (plg/min)	7.0-8.0
Electrodo requerido (lb/pie)	0.272
Tiempo total (hr/pie sold.)	0.0270

TABLA XI

CALCULO DE PARAMETROS DE SOLDADURA

POSICIONES:

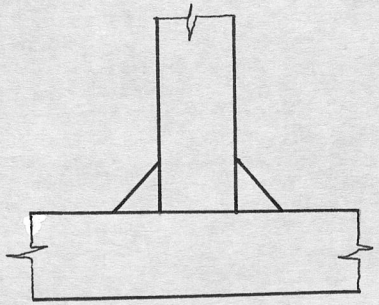
B1: Plana

C-E Plana

H2-J:Plana

K: Plana

Proceso: SMAW



DETALLES	B1	C-E	H2-J	K
Tamaño de soldadura (plg)	5/16	3/8	3/4	3/4
Espesor de placa (plg)	1/2	1/2	1 1/4	3/4
Pasos	1	1	1-9	1-5
Tipo de electrodo	E 7018	E 7018	E 7018	E 7018
Tamaño	1/4	5/32	1/4	1/4
Corriente (Amp)	350 AC	150 DC^{+}	350 AC	350 AC
Velocidad de arco (plg/min)	6.0-6.8	1.8-2.0	6.0-7.0	6.6-7.4
Electrodo requerido (lb/pie)	0.409	0.556	2.00	1.50
Tiempo total (hr/pie sold.)	0.0313	0.105	0.1720	0.123

TABLA XII

CALCULO DE PARAMETROS DE SOLDADURA		
POSICIONES: B2:Plana Q: Plana proceso: SMAW		
DETALLES	B2	Q
Espesor de placa (plg)	3/8	1/4
Pasos	2-3	1-4
Tipo de electrodo	E 7018	E 7018
Tamaño	1/4	1/4
Corriente (Amp) AC	400	400
Velocidad de arco (plg/min)	11.5-13.5	12.5-14.5
Electrodo requerido (lb/pie)	0.697	1.00
Tiempo total (hr/pie sold.)	0.0463	0.0605

TABLA XIII

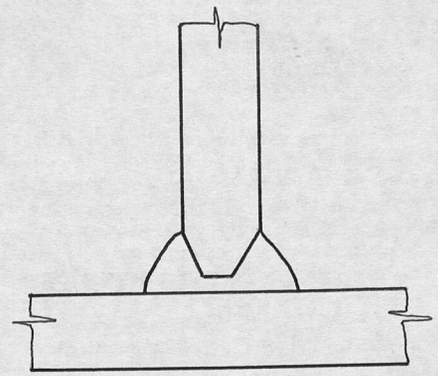
CALCULO DE PARAMETROS DE SOLDADURA			
POSICIONES: D: plana F-H-I: Plana G: plana Proceso: SMAW			
DETALLES	D	F-H1-I	G
Espesor de placa (plg)	2	3/4	1
Pasos	2-14	2-6	2-10
Tipo de electrodo	E 7018	E 7018	E 7018
Tamaño	3/16	3/16	3/16
Corriente (Amp) DC^+	240	240	240
Velocidad de arco (plg/min)	3.6-4.9	9.0-11.0	8.5-10.5
Electrodo requerido (lb/pie)	5.28	0.956	1.47
Tiempo total (hr/pie sold.)	0.6090	0.133	0.230

TABLA XIV

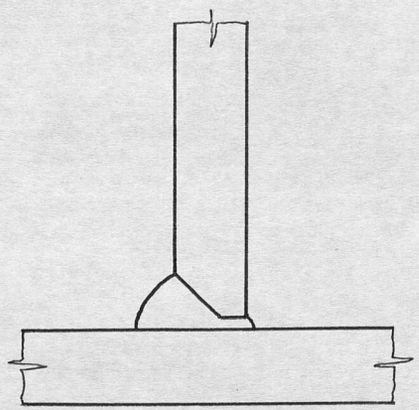
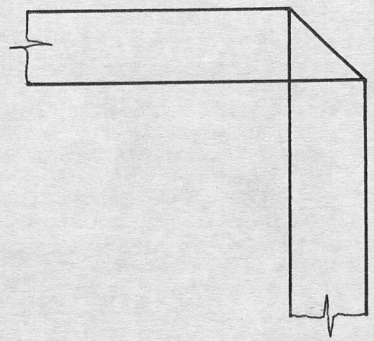
CALCULO DE PARAMETROS DE SOLDADURA				
POSICIONES: L1-L2:Plana M: Plana N: Plana O2-P:Plana proceso: SMAW				
DETALLES	L1-12	M	N	O2-P
Espesor de placa (plg)	1	3/8	1 1/4	1/2
Pasos	2-5	1	2-5	1
Tipo de electrodo	E 7018	E 7018	E 7018	E 7018
Tamaño	3/16	3/16	3/16	3/16
Corriente (Amp) DC+	240	240	240	240
Velocidad de arco (plg/min)	9.0-10.0	1.0-3.0	5.7-6.3	4.0-6.0
Electrodo requerido (Lb/pie)	0.740	0.200	1.80	0.280
Tiempo total (hr/pie sold.)	0.116	0.040	0.178	0.060

TABLA XV

CALCULO DE PARAMETROS DE SOLDADURA	
POSICION: 01: Plana Proceso: SMAW	
DETALLE	01
Tamaño de soldadura (plg)	1/2
Espesor de placa (plg)	1/2
Pasos	1-2
Tipo de electrodo	E 7018
Tamaño	1/4
Corriente (Amp) AC	410
Velocidad de arco (plg/min)	11.5-14.5
Electrodo requerido (lb/pie)	0.530
Tiempo total (hr/pie sold.)	0.0308

CAPITULO III

CONSIDERACIONES PREVIAS A LA EJECUCION DE LA OBRA

3.1 PRECALIFICACION Y CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA.

A.- Precalificación de procedimientos de soldadura.

Toda precalificación de uniones soldadas a ser usada, será preparada por el fabricante o contratista como precalificador de los procedimientos de soldadura especificados, y serán disponibles a personas autorizadas a usar.

Los parámetros de soldar son enumerados desde (1) - hasta (4), y serán estipulados dentro de las limitaciones de las variables prescritas en 3.1 B.

(1) Amperaje
(2) Voltaje
(3) Velocidad de soldeo
(4) Razón de flujo de gas de protección.

Los cambios en estos parámetros, más allá de aquellos especificados en los procedimientos de soldadura, re

quieren una nueva precalificación. Esta precalificación de procedimientos de soldadura, tiene el propósito de agrupar todos los parámetros que rigen un proceso de soldadura en una determinada unión, y hacer probar mediante pruebas de ensayos si la selección de dichos parámetros fué o no correcta.

La elaboración de los formatos de precalificación de procedimientos de soldadura, se realiza en base a normas de la Sociedad Americana de Soldadura, y los detalles principales comprendidos en estos formatos son:

1.- Metal base.- Indica el material a ser soldado

2.- Proceso de soldadura.- Indica el tipo de proceso de soldadura utilizado, para nuestro caso en particular, es el proceso de electrodo revestido, SMAW, dando detalles de voltaje, amperaje, polaridad y velocidad de soldeo.

3.- Posición de soldeo.- Indica la posición en que se debe soldar, sea esta vertical ascendente o descendente, plana, horizontal, etc.

4.- Especificación del metal de aportación.- De acuerdo a un sistema de clasificación de la AWS.

AWS A5.1 Electrodos recubiertos para soldadura al arco de acero de bajo carbono

AWS A5.5 Electrodos recubiertos para soldar al arco aceros de baja aleación.

5.- Pasadas simples o múltiples.- Indica las pasadas que se hace en la unión.

6.- Secuencia.- Indica la forma y número de pasadas que se hace en la unión y se da a conocer en el diseño de la junta del respectivo formato de precalificación.

7.- Limpieza de raíz.- Indica la limpieza antes de la soldadura, entre pases y al final de la soldadura.

8.- Precalentamiento y temperatura de interpasos.- Si son necesarias, indicar dichas temperaturas.

9.- Temperatura de postcalentamiento.- Si es requerido, indicar la temperatura.

Los datos que se encuentran en cada uno de los formatos de precalificación de procedimientos de soldadura se los obtuvo de las Tablas que se encuentran en 2.4.

B.- Calificación de procedimientos de soldadura.

El procedimiento de soldadura sirve para muchos propósitos tales como: permite guíar al inspector de la obra en su trabajo, indica al soldador exactamente los pasos a seguir, lo que se debe hacer y lo que se espera de él, de aquí que este procedimiento debe ser calificado.

Para la calificación de los procedimientos de soldadura, en nuestro caso en particular, las siguientes re-

PRECALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Metal base ASTM A36

Proceso de soldadura SMAW

Manual o automática Manual

Posición de soldeo Plana

Especificación del metal de aportación AWS A5.1-A5.5

Clasificación del metal de aportación E 7018

Fundente ----------

Gas ---------- Caudal ----------

Pasadas simples o múltiples Simple

Arco simple o múltiple Simple

Corriente AC

Polaridad ----------

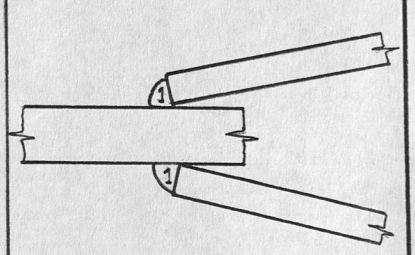
Secuencia 1

Limpieza de raíz Cepillo

Precalentamiento y temperatura de interpasos ----------

Temperatura de postcalentamiento ----------

PROCEDIMIENTO DE SOLDEO

No Pasos	Tamaño de electrodo (Plg)	Parámetros		Velocidad de soldeo (Plg/min)	Diseño de la junta
		Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		
1	1/4	350	24.-27.0	7.0-8.0	DETALLE: A 
FORMATO I					

PRECALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Metal base ASTM A36

Proceso de soldadura SMAW

Manual o automática Manual

Posición de soldeo Plana

Especificación del metal de aportación AWS A5.1-A5.5

Clasificación del metal de aportación E 7018

Fundente ----------

Gas ---------- Caudal ----------

Pasadas simple o múltiples Simple

Arco simple o múltiple Simple

Corriente AC

Polaridad ----------

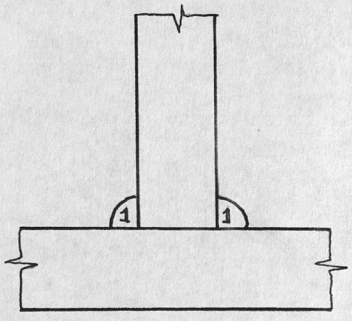
Secuencia 1

Limpieza de raíz Cepillo

Precalentamiento y temperatura de interpasos ----------

Temperatura de postcalentamiento ----------

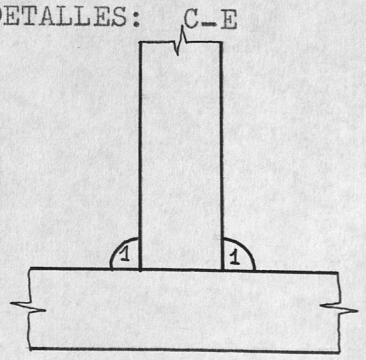
PROCEDIMIENTO DE SOLDEO

No pasos	Tamaño de electrodo (Plg)	Parámetros		Velocidad de soldeo (Plg/min)	Diseño de la junta
		Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		
1	1/4	350	24.-27.0	6.0-6.8	DETALLE: B1 
FORMATO II					

PRECALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Metal base ASTM A36
Proceso de soldadura SMAW
Manual o automático Manual
Posición de soldeo Vertical
Especificación del metal de aportación AWS A5.1-A5.5
Clasificación del metal de aportación E 7018
Fundente ----------
Gas ---------- Caudal ----------
Pasadas simple o múltiples Simple
Arco simple o múltiple Simple
Corriente DC
Polaridad Inversa
Secuencia 1
Limpieza de raíz Cepillo
Precalentamiento y temperatura de interpasos ----------
Temperatura de postcalentamiento ----------

PROCEDIMIENTO DE SOLDEO

No pasos	Tamaño de electrodo (plg)	Parámetros		Velocidad de soldeo (plg/min)	Diseño de la junta
		Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		
1	5/32	150	22.-25.0	1.8-2.0	DETALLES: C-E 
FORMATO III					

PRECALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Metal base ASTM A36

Proceso de soldadura SMAW

Manual o automática Manual

Posición de soldeo Plana, vertical, Horizontal

Especificación del metal de aportación AWS A5.1-A5.5

Clasificación del metal de aportación E 7018

Fundente ----------

Gas ---------- Caudal ----------

Pasadas simple o múltiples Múltiples

Arco simple o múltiple Simple

Corriente AC

Polaridad ----------

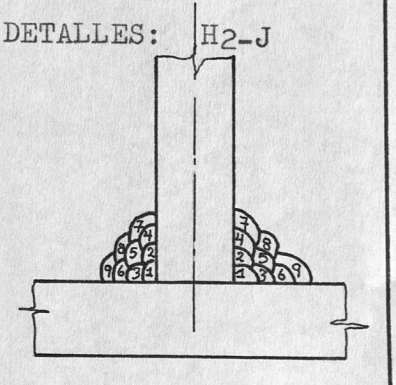
Secuencia 9

Limpieza de raíz Cepillo

Precalentamiento y temperatura de interpasos 65°C

Temperatura de postcalentamiento ----------

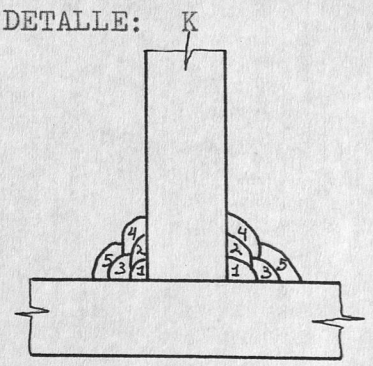
PROCEDIMIENTO DE SOLDEO

No Pa-	Tamaño de electrodo (plg)	Parámetros		Velocidad de soldeo (plg/min)	Diseño de la junta
		Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		
9	1/4	350	24.-27.0	6.0-7.0	DETALLES: H2-J 
FORMATO IV					

PRECALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Metal base ASTM A36
Proceso de soldadura SMAW
Manual o automático Manual
Posición de soldeo Plana
Especificación del metal de aportación AWS A5.1-A5.5
Clasificación del metal de aportación E 7018
Fundente ----------
Gás ---------- Caudal ----------
Pasadas simple o múltiples Múltiples
Arco simple o múltiple Simple
Corriente AC
Polaridad ----------
Secuencia 5
Limpieza de raíz Cepillo
Precalentamiento y temperatura de interpasos 100°C
Temperatura de postcalentamiento ----------

PROCEDIMIENTO DE SOLDEO

No pa-	Tamaño de electrodo (plg)	Parámetros		Velocidad de soldeo (plg/min)	Diseño de la junta
		Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		
5	1/4	350	24.0-27.0	6.6-7.4	DETALLE: K 
FORMATO V					

PRECALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Metal base ASTM A36

Proceso de soldadura SMAW

Manual o automático Manual

Posición de soldeo Plana

Especificación del metal de aportación AWS A5.1-A5.5

Clasificación del metal de aportación E 7018

Fundente ----------

Gas ---------- Caudal ----------

Pasadas simple o múltiples Múltiples

Arco simple o múltiple Simple

Corriente AC

Polaridad ----------

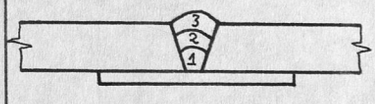
Secuencia 3

Limpieza de raíz Cepillo

Precalentamiento y temperatura de interpasos ----------

Temperatura de postcalentamiento ----------

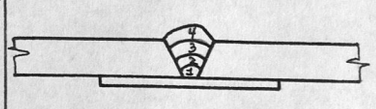
PROCEDIMIENTO DE SOLDEO

No pasos	Tamaño de electrodo (plg)	Parámetros		Velocidad de soldeo (plg/min)	Diseño de la junta
		Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		
2-3	1/4	400	24.-27.0	11.5-13.5	DETALLE: B2 
FORMATO VI					

PRECALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Metal base ASTM A36
Proceso de soldadura SMAW
Manual o automático Manual
Posición de soldeo Plana
Especificación del metal de aportación AWS A5.1-A5.5
Clasificación del metal de aportación E 7018
Fundente ----------
Gas ---------- Caudal ----------
Pasadas simple o múltiples Múltiples
Arco simple o múltiple Simple
Corriente AC
Polaridad ----------
Secuencia 4
Limpieza de raíz Cepillo
Precalentamiento y temperatura de interpasos ----------
Temparatura de postcalentamiento ----------

PROCEDIMIENTO DE SOLDEO

No pasos	Tamaño de electrodo (plg)	Parámetros		Velocidad de soldeo (plg/min)	Diseño de la junta
		Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		
1-4	1/4	400	24.-27.0	12.5-14.5	DETALLE: Q 
FORMATO VII					

PRECALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Metal base ASTM A36

Proceso de soldadura SMAW

Manual o automático Manual

Posición de soldeo Plana

Especificación del metal de aportación AWS A5.1-A5.5

Clasificación del metal de aportación E 7018

Fundente ----------

Gas ---------- Caudal ----------

Pasadas simple o múltiples Múltiples

Arco simple o múltiple Simple

Corriente DC

Polaridad Inversa

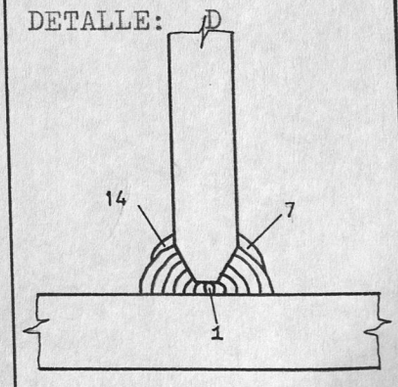
Secuencia 14

Limpieza de raíz Cepillo

Precalentamiento y temperatura de interpasos ----------

Temperatura de postcalentamiento ----------

PROCEDIMIENTO DE SOLDEO

No pasos	Tamaño de electrodo (plg)	Parámetros		Velocidad de soldeo (plg/min)	Diseño de la junta
		Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		
2-14	3/16	240	23.-26.0	3.6-4.9	DETALLE: 

FORMATO VIII

PRECALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Metal base ASTM A36

Proceso de soldadura SMAW

Manual o automático Manual

Posición de soldeo Plana

Especificación del metal de aportación AWS A5.1-A5.5

Clasificación del metal de aportación E 7018

Fundente ----------

Gas ---------- Caudal ----------

Pasadas simple o múltiples Múltiples

Arco simple o múltiple Simple

Corriente DC

Polaridad Inversa

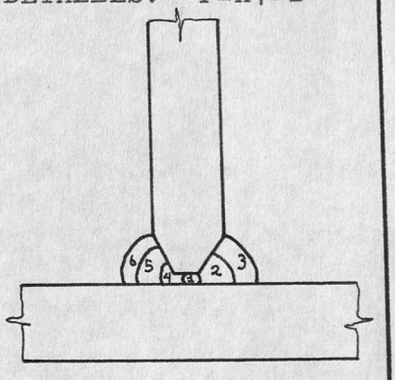
Secuencia 6

Limpieza de raíz Cepillo

Precalentamiento y temperatura de interpasos 65°C

Temperatura de postcalentamiento ----------

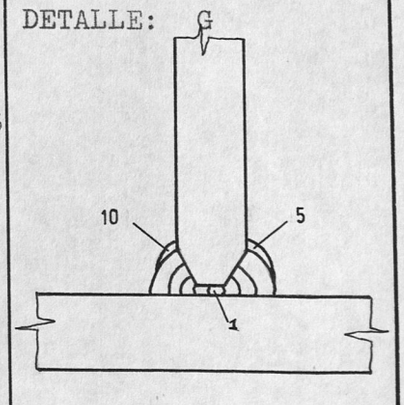
PROCEDIMIENTO DE SOLDEO

No pasos	Tamaño de electrodo (plg)	Parámetros		Velocidad de soldeo (plg/min)	Diseño de la junta
		Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		
2-6	3/16	240	23.-26.0	9.0-11.0	DETALLES: F-H1-I 
FORMATO IX					

PRECALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Metal base ASTM A36
Proceso de soldadura SMAW
Manual o automático Manual
Posición de soldeo Plana
Especificación del metal de aportación AWS A5.1-A5.5
Clasificación del metal de aportación E 7018
Fundente ----------
Gas ---------- Caudal ----------
Pasadas simple o múltiples Múltiples
Arco simple o múltiple Simple
Corriente DC
Polaridad Inversa
Secuencia 10
Limpieza de raíz Cepillo
Precalentamiento y temperatura de interpasos 65°C
Temperatura de postcalentamiento ----------

PROCEDIMIENTO DE SOLDEO

No pasos	Tamaño de electrodo (plg)	Parámetros		Velocidad de soldeo (plg/min)	Diseño de la junta
		Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		
2-10	3/16	240	23.-26.0	8.5-10.5	DETALLE: 
FORMATO X					

BIBLIOTECA

PRECALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Metal base ASTM A36

Proceso de soldadura SMAW

Manual o automática Manual

Posición de soldeo Plana

Especificación del metal de aportación AWS A5.1-A5.5

Clasificación del metal de aportación E 7018

Fundente ----------

Gas ---------- Caudal ----------

Pasadas simple o múltiples Múltiples

Arco simple o múltiple Simple

Corriente DC

Polaridad Inversa

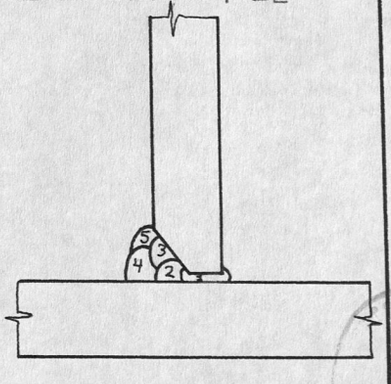
Secuencia 5

Limpieza de raíz Cepillo

Precalentamiento y temperatura de interpasos 100°C

Temperatura de postcalentamiento ----------

PROCEDIMIENTO DE SOLDEO

No pasos	Tamaño de electrodo (plg)	Parámetros		Velocidad de soldeo (plg/min)	Diseño de la junta
		Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		
2-5	3/16	240	23.-26.0	9.0-10.0	DETALLES: L1-L2 
FORMATO XI					

BIBLIOTECA

PRECALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Metal base ASTM A36

Proceso de soldadura SMAW

Manual o automático Manual

Posición de soldeo Plana

Especificación del metal de aportación AWS A5.1-A5.5

Clasificación del metal de aportación E 7018

Fundente ----------

Gas ---------- Caudal ----------

Pasadas simple o múltiples Simple

Arco simple o múltiple Simple

Corriente DC

Polaridad Inversa

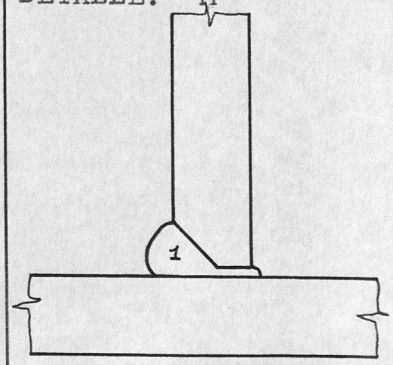
Secuencia 1

Limpieza de raíz Cepillo

Precalentamiento y temperatura de interpasos ----------

Temperatura de postcalentamiento ----------

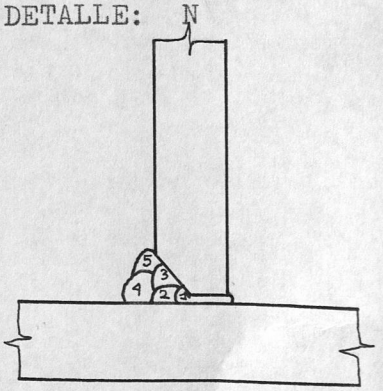
PROCEDIMIENTO DE SOLDEO

No pasos	Tamaño de electrodo (plg)	Parámetros		Velocidad de soldeo (plg/min)	Diseño de la junta
		Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		
1	3/16	240	23.0-26.0	1.0-3.0	DETALLE: M 
FORMATO XII					

PRECALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Metal base	ASTM A36
Proceso de soldadura	SMAW
Manual o automático	Manual
Posición de soldeo	Plana
Especificación del metal de aportación	AWS A5.1-A5.5
Clasificación del metal de aportación	E 7018
Fundente	----------
Gas ---------- Caudal	----------
Pasadas simple o múltiples	Múltiples
Arco simple o múltiple	Simple
Corriente	DC
Polaridad	Inversa
Secuencia	5
Limpieza de raíz	Cepillo
Precalentamiento y temperatura de interpasos	100°C
Temperatura de postcalentamiento	----------

PROCEDIMIENTO DE SOLDEO

No pasos	Tamaño de electrodo (plg)	Parámetros		Velocidad de soldeo (plg/min)	Diseño de la junta
		Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		
2-5	3/16	240	23.-26.0	5.7-6.3	DETALLE: N 
FORMATO XIII					

PRECALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Metal base ASTM A36

Proceso de soldadura SMAW

Manual o automático Manual

Posición de soldeo Plana

Especificación del metal de aportación AWS A5.1-A5.5

Clasificación del metal de aportación E 7018

Fundente ----------

Gas ---------- Caudal ----------

Pasadas simple o múltiples Simple

Arco simple o múltiple Simple

Corriente DC

Polaridad Inversa

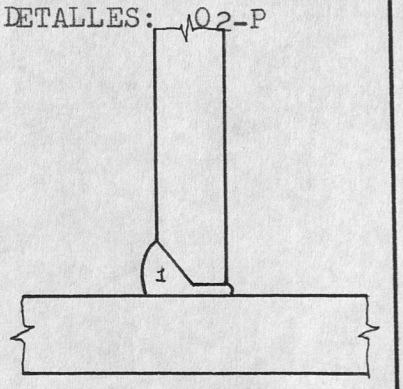
Secuencia 1

Limpieza de raíz Cepillo

Precalentamiento y temperatura de interpasos ----------

Temperatura de postcalentamiento ----------

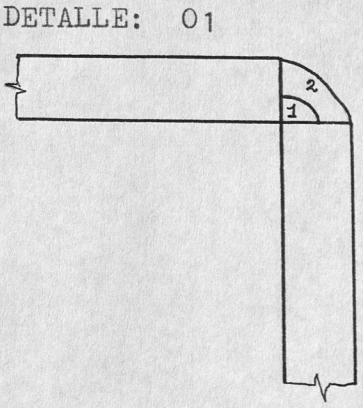
PROCEDIMIENTO DE SOLDEO

No pasos	Tamaño de electrodo (plg)	Parámetros		Velocidad de soldeo (plg/min)	Diseño de la junta
		Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		
1	3/16	240	23.-26.0	4.0-6.0	DETALLES: 02-P 
FORMATO XIV					

PRECALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Metal base ASTM A36
Proceso de soldadura SMAW
Manual o automática Manual
Posición de soldeo Plana
Especificación del metal de aportación AWS A5.1-A5.5
Clasificación del metal de aportación E 7018
Fundente ----------
Gas ---------- Caudal ----------
Pasadas simple o múltiples Múltiples
Arco simple o múltiple Simple
Corriente AC
Polaridad ----------
Secuencia 2
Limpieza de raíz Cepillo
Precalentamiento y temperatura de interpasos ----------
Temperatura de postcalentamiento ----------

PROCEDIMIENTO DE SOLDEO

No pasos	Tamaño de electrodo (plg)	Parámetros		Velocidad de soldeo (plg/min)	Diseño de la junta
		Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		
2	1/4	410	24.-27.0	11.5-14.5	DETALLE: 01 
FORMATO XV					

glas se aplicarán y los procedimientos serán recordados por el inspector.

1.- Calificación de un procedimiento de soldadura establecido con un metal base incluido en el Grupo I (Ref. 12), calificará el procedimiento de soldadura según otro metal o combinaciones de metales bases incluidos en este grupo.

B.1.- Proceso de soldadura de electrodo revestido.

1.- Un cambio creciente en el nivel de resistencia del metal de relleno. (Por ejemplo un cambio desde E70XX a E80XX, pero no viceversa).

2.- Un cambio desde un tipo de electrodo de bajo hidrógeno a uno de no bajo hidrógeno pero no viceversa.

3.- Un incremento del diámetro del electrodo por más de 1/32 plg. sobre el usado en la calificación de procedimiento.

4.- Un cambio de valores en el amperaje y voltaje del electrodo que no esté en los rangos recomendados por el fabricante de electrodos.

5.- Para una ranura específica, un cambio de

más de ± 25 % en el número de pasos especificados. Si el área de la ranura es cambiada, es permitido cambiar el número de pasos en proporción al área.

6.- Un cambio en la posición en que se realiza la soldadura, tal como se indica en las figuras B.3, B.4 y B.5 del Apéndice "B".

7.- Un cambio en el tipo de ranura. (Por ejemplo, un cambio desde una ranura en V a U).

8.- Un cambio excedente en tolerancia, en la forma de la ranura involucrada.

   a.- Una disminución en el ángulo de la ranura.

   b.- Una disminución en la abertura de la raíz de la ranura.

   c.- Un incremento en la cara de la raíz de la ranura.

   d.- La omisión, pero no la inclusión de material de refuerzo.

9.- Una disminución de más de 13.9°C en la temperatura mínima especificada para el precalentamiento o temperatura de interpasos.

10.- En soldadura vertical, un cambio en la prograsión de soldeo para pasos desde arriba hacia abajo o viceversa.

11.- La omisión, pero no la inclusión de esmerilado en la soldadura.

12.- La adición o eliminación de tratamiento de postcalentamiento en la soldadura.

B.2.- Tipos de pruebas.

Los tipos de pruebas para nuestro caso en particular, la construcción de la pala del sistema de gobierno, exigidos por la Agencia Americana de Embarcaciones, son:

Prueba número 1. Prueba a la tracción de sección reducida. (Ver figura 37).

Prueba número 2. Prueba de plegado guiado sobre el lado mayor. (Ver figura 38).

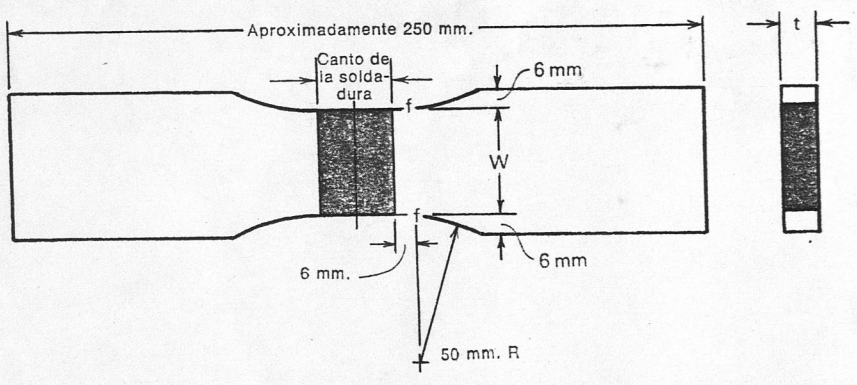
Prueba número 3. Investigación radiográfica de soldadura en unión acabada.

En la Tabla XVI, se da a conocer la forma de calificación de la soldadura para el caso de planchas como pa

PRUEBA DE SOLDADURA Nº 1

Prueba a la tracción de sección reducida

NECESARIA PARA TODA CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO



Notas:

1 Se maquinarán ambas caras de la soldadura a paño con la plancha.

2 Para la calificación del procedimiento t = 9,5 milímetros para materiales de construcción de hasta 19,1 milímetros. Para materiales por encima de 19,1 milímetros, t = espesor del material.

3 Para pruebas de ejecución. t = espesor del material de construcción.

4 W = aproximadamente 38 milímetros cuando t sea 25,4 milímetros o menos. W = 25,4 milímetros cuando t sea mayor de 25,4 milímetros.

5 Cuando la capacidad de la máquina de ensayos disponible no permita probar la probeta de dimensiones completas, dos o más probetas más delgadas que probetas de dimensiones completas puede prepararse, cortando la probeta de dimensiones completas en secciones, cada una de las cuales cumplirá las exigencias.

Requerimientos:

1 La resistencia a la tracción de cada probeta, cuando rompa en la soldadura, no será menor que la resistencia mínima a la tracción especificada para el metal base.

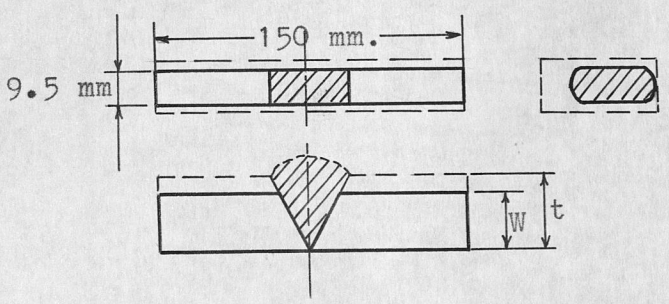
2 La resistencia a la tracción de cada probeta, cuando rompa en el metal base y la soldadura no presente ningún signo de fallo, no será menor que el 95 por 100 de la resistencia mínima a la tracción especificada para el metal base.

FIGURA 37. PROBETA DE TRACCION. (Ref. 1)

PRUEBA DE SOLDADURA Nº 2

Prueba de Plegado Guiado

NECESARIA PARA TODA CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS



Donde t sea 19.1 mm. a 38 mm.

W=t

Donde t sea superior a 38 mm.

W=38 mm.

Nota.- Ambas caras de la soldadura se maquinan a paño con el metal base.

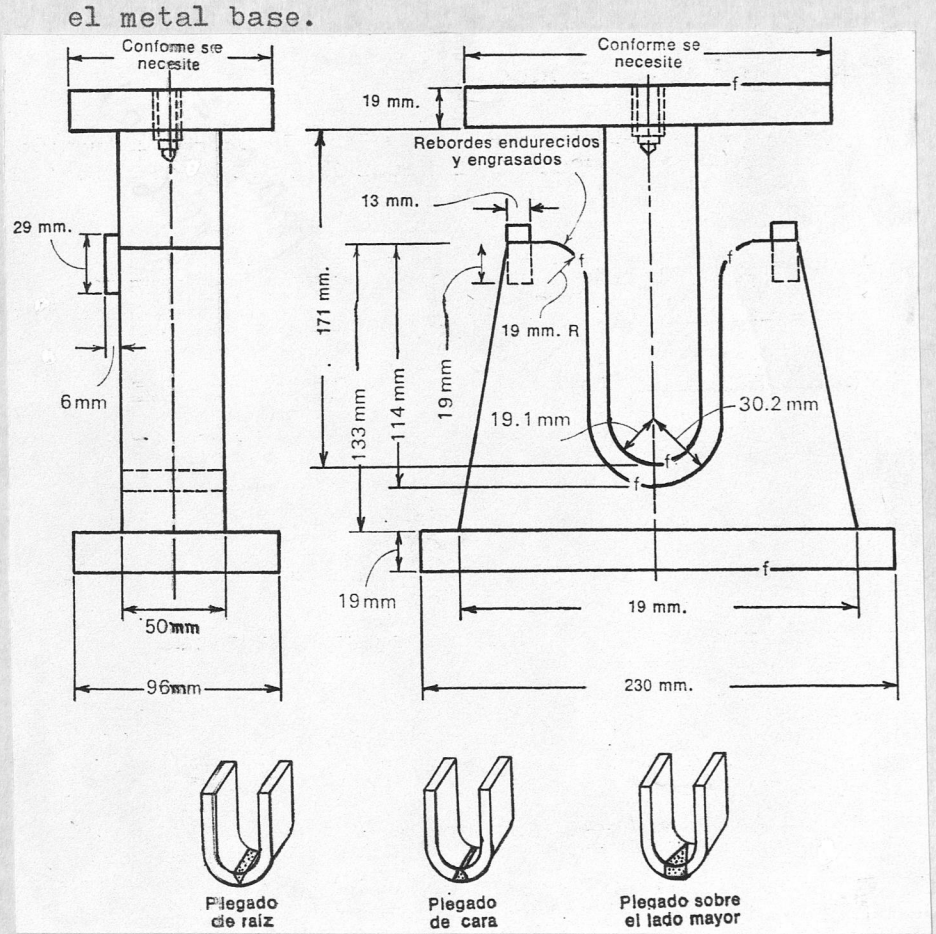


FIGURA 38. PROBETA PARA PLEGADO SOBRE EL LADO MAYOR. (Ref.1)

TABLA XVI

NUMERO Y TIPO DE PROBETA DE PRUEBA Y RANGO DE ESPESORES CALIFICADOS UTILIZADOS EN EL PROCEDIMIENTO DE CALIFICACION. (Ref. 12)

Uniones con penetración completa

1. Pruebas en planchas

Espesores de planchas (plg)	Número de probetas	Ensayos no destructivos	probetas de pruebas requeridas		
			Sección reducida de tensión	Plegado sobre el lado mayor	Espesores calificados
$3/8 < T < 1$	1	Si	2	4	2T
Más de 1	1	Si	2	4	No limitado

2. Pruebas en tubos o tuberías

Tamaño del tubo o tubería		Número de probetas	Ensayos no destructivos	probetas de pruebas requeridas			
Diámetro	Espesor de pared, T			Sección reducida en tensión	Plegado sobre el lado mayor	Espesores calificados mín.	máx.
<24 plg	$T \geq 3/4$ plg	1	Si	2	4	0.375	Todos

ra tubos con uniones ranuradas con penetración completa.

Mientras que la Tabla XVII, se da a conocer el procedimiento de calificación en planchas y en tubos de acuerdo a la posición como se realice el proceso de soldeo.

Una vez conocida la forma como se realiza la calificación de procedimientos de soldadura, se tiende a llenar un registro de pruebas de calificación para procedimiento de soldadura, en base a reglas, pruebas y formas de calificación. Este formato de calificación de procedimiento de soldadura se da a conocer a continuación.

3.2 CALIFICACION DE SOLDADORES.

Antes de realizar la calificación de los soldadores, se recomienda asegurarse, de que todos los participantes se encuentren familiarizados con los parámetros involucrados en un proceso de soldadura al arco.

La calificación de soldadores, para nuestro caso en particular, la construcción de la pala del sistema de gobierno se realiza en base a normas de la Agencia Americana de Embarcaciones, para la cual, se preparan probetas de acuerdo con la posición de soldadura y el espesor del material conforme se indica en la Tabla XVIII.

TABLA XVII

PROCEDIMIENTO DE CALIFICACION EN TIPOS Y LIMITACIONES DE POSICIONES DE UNIONES SOLDADAS. (Ref. 12)

Tipos de soldadura y calificación de posición de soldeo			
Prueba de calificación		Planchas	
Soldadura	Posiciones en plancha o tubo	Ranura	Angulo
Planchas con ranura. Unión con penetración completa	1G	F	F
Planchas en ángulo	1F		F
Prueba de calificación		Tubos	
		Ranura	Angulo
Tubos con ranura. Unión con penetración completa	5G	F, V, OH	F, V, OH
Tubos en ángulo	4F		F, V, OH

REGISTRO DE PRUEBAS DE CALIFICACION PARA PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO

Material base_____
Proceso de soldadura_____
Manual o automático_____
Posición de soldeo_____
Especificación del metal de aportación_____
Clasificación del metal de aportación_____
Fundente_____
Gas_____ Caudal_____
Pasadas simple o múltiples_____
Arco simple o múltiple_____
Corriente_____
Secuencia_____
Temperatura de precalentamiento__
Temperatura de postcalentamiento_

INSPECCION VISUAL

Apariencia_____
Socavado_____
Porosidad en tubería_____

Fecha de prueba_____
Nombre del inspector_____

RESULTADOS DE PRUEBAS CON SOLDADURA EN RANURA

Resistencia tensil,psi
1._____
2._____

Pruebas de flexión

Raíz	Cara
1._____	1._____
2._____	2._____

Examinación radiográfica - ultrasonido
RT reporte No_____
UT reporte No_____

RESULTADOS DE PRUEBAS DE SOLDADURA EN ANGULO

Tamaño mínimo de pasos multiples		Tamaño mínimo de pasos simples	
1.____	3.____	1.____	3.____
2.____		2.____	

Prueba de tensión en todo el material soldado
Resistencia tensil,psi_____
Punto de resistencia_____
Elongación en 2 plg,%_____

Prueba de laboratorio No__

PROCEDIMIENTO DE SOLDEO

No pasos	Tamaño de electrodo (plg)	Parámetros		Velocidad de soldeo (plg/min)	Diseño de la unión
		Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)		

Procedimiento No_____
Revisión No_____

Contratista_____
Autorizado por_____
Fecha_____

FORMATO XVI

Mientras que en la figura 39, se dá a conocer la prueba de calificación de soldadores para materiales de espesor ilimitado.

El soldador calificará la prueba si su cordón está libre de: (Ref. 5).

a.- Fusión incompleta entre el metal base y el cordón
b.- Rajaduras
c.- Fusión incompleta entre un pase y otro
d.- Penetración inadecuada
e.- Porosidades
f.- Inclusiones de escoria

En el caso de que el soldador no pase la prueba, sólo podría ser recalificado bajo las siguientes condiciones:

1.- Se volverá a calificar inmediatamente realizando dos cordones de cada tipo que no aprobare.
2.- Se volverá a calificar siempre y cuando quede la posibilidad de que con entrenamiento el soldador pueda pasar la prueba.

El formato siguiente muestra la forma de registrar la información de la prueba.

TABLA XVIII

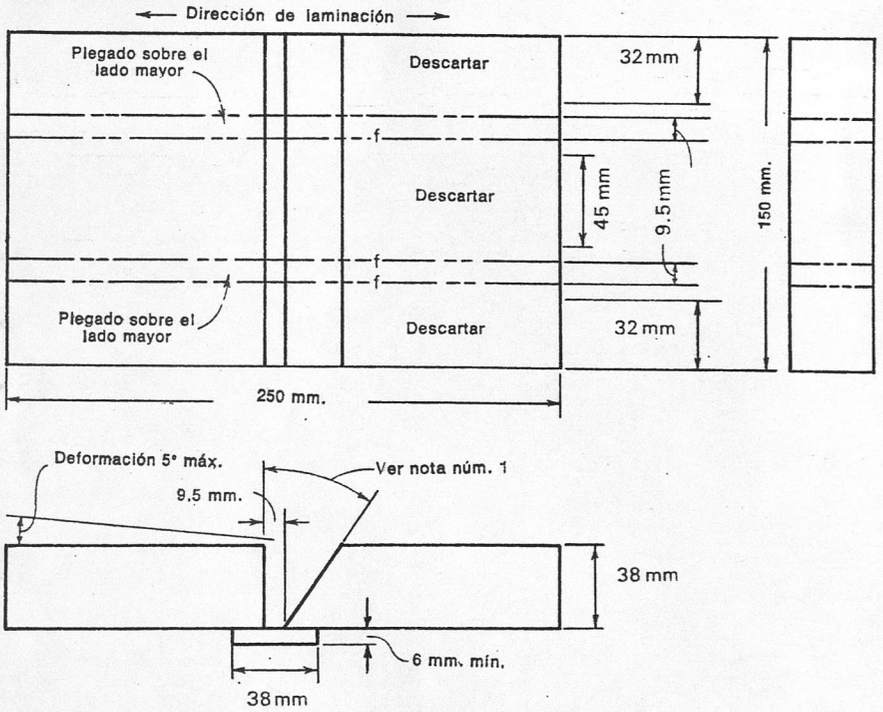
ENSAYOS PARA CALIFICACION DE SOLDADORES. (Ref. 1)

	Posición en que ha de efectuarse la soldadura en la obra
Material de construcción	Plana, horizontal, vertical y de techo
En material de espesor ilimitado. (Cualquier espesor)	Prueba número Q2 en posiciones vertical y horizontal.

Nota:

1 Cuando el espesor máximo de plancha que haya de soldarse se halle entre 19.1 milímetros y 38.1 milímetros, la calificación de prueba número Q2 puede, con el permiso del Inspector, llevarse a cabo sobre plancha del espesor máximo implicado.

PARA MATERIALES DE ESPESOR ILIMITADO



Notas:

1 Cuando se suelde en las posiciones de soldadura plana o vertical, el ángulo de la V será de 25 grados; cuando se suelde en la posición horizontal, el ángulo de la V será de 35 grados y la plancha no achaflanada se situará en la parte superior de la unión.

2 La pletina de respaldo será contigua a las planchas.

3 Cada pasada o cordón de soldadura se efectuará con el mismo diámetro de electrodos que se utilizarán en la producción.

4 Las uniones soldadas en la posición vertical se soldarán hacia arriba.

5 La soldadura se efectuará desde un lado solamente.

6 Maquinar el refuerzo y la pletina de respaldo a paño. No quitar ninguna entalladura marginal.

7 Todas las probetas se maquinarán o aserrarán de la plancha.

8 El maquinado se hará transversalmente a la soldadura.

9 Romper los cantos de las probetas a un radio de T/6 máximo.

10 Plegar la probeta en la plantilla de prueba de plegado guiado

11 Se necesitan dos plegados sobre el lado mayor para plancha. Se requieren cuatro plegados sobre el lado mayor para tubería.

FIGURA 39. PRUEBA DE CALIFICACION DE SOLDADORES NUMERO Q2. (Ref. 1).

BIBLIOTECA

CERTIFICADO DE CALIFICACION DE SOLDADOR

Nombre _____

Empresa _____

Código o Especificación aplicada _____

Proceso de soldadura _____

Material base _____ Especificación _____

Geometría ___ Plancha ___ Tubería ___ Angulo

Dimensiones: Diámetro _____ Espesor _____

Material de aportación _____ Especificación _____ Diámetro _____

Características eléctricas: Corriente _____ Polaridad _____

___ Directa

Tipo de junta _____ Penetración ___ Cordón de sellado

___ Respaldo

Posición de soldadura calificada _____

Rango de espesores calificados _____ Diámetros _____

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

VISUAL: Apariencia _____ Mordedura _____ Porosidad _____

DOBLADO: Tipo _____ Resultado _____

Tipo _____ Resultado _____

Soldadura en Angulo: Apariencia _____ Tamaño _____

ROTURA: _____

MACROGRAFICO (Fusión) _____

RADIOGRAFIA _____

FORMATO XVII

Resultado final _____

INFORMACION COMPLEMENTARIA

a) El certificado adjunto califica al soldador unicamente en:

- Proceso de soldadura indicado
- Material base indicado u otros de composición y características mecañicas similares
- Material de aportación indicado u otros de características mecañicas y simbolización similares
- Tipo de penetración indicada
- Rango de espesores y/o diámetros indicados

b) La posición de soldadura indicada califica adicionalmente al soldador en las siguientes posiciones

_____

_____

Fecha _____ _____

INSPECTOR

NOMENCLATURA DE POSICIONES DE SOLDADURA (ASME) (Ref. 16)

1G: Plana en plancha y tubería (rotada)
2G: Horizontal en plancha y tubería
3G: Vertical en plancha
4G: Sobrecabeza en plancha
5G: Vertical en tubería sobre eje horizontal.

1F: Plana en ángulo
2F: Horizontal en ángulo
3F: Vertical en ángulo
4F: Sobrecabeza en ángulo
5F: Vertical en ángulo de tubería con plancha.

CAPITULO IV

METODOS DE INSPECCION DE LAS UNIONES SOLDADAS

4.1 INSPECCION VISUAL.

Una vez realizada la soldadura, se procede hacer una limpieza para eliminar polvo, cascarillas, escorias, salpicaduras u otro material extraño de las uniones soldadas y del alrrededor de las mismas, y así poder realizar una inspección visual.

Este método de inspección, se realiza en cada uno de los pasos de soldadura hasta completar el proceso de soldeo en una determinada unión, y en todas las uniones soldadas de la pala en general.

La inspección visual, permite controlar que todas las uniones soldadas cumplan con las normas de aceptación en lo que a discontinuidad se refiere, pudiéndose rechazar cualquier soldadura con esta inspección. Mediante este tipo de inspección, se puede constatar forma y accesibilidad en las uniones soldadas para poder utilizar uno de los métodos secundarios tales como: inspección por partículas magnéticas e inspección por ultrasonido.

Además, este método de inspección, permite en la prueba hidróstática

hidrostática de la pala, comprobar la no existencia de fugas de aceite por las uniones soldadas. La conclusión de dicha prueba se expondrá en el numeral 4.5.

4.2 INSPECCION POR PARTICULAS MAGNETICAS.

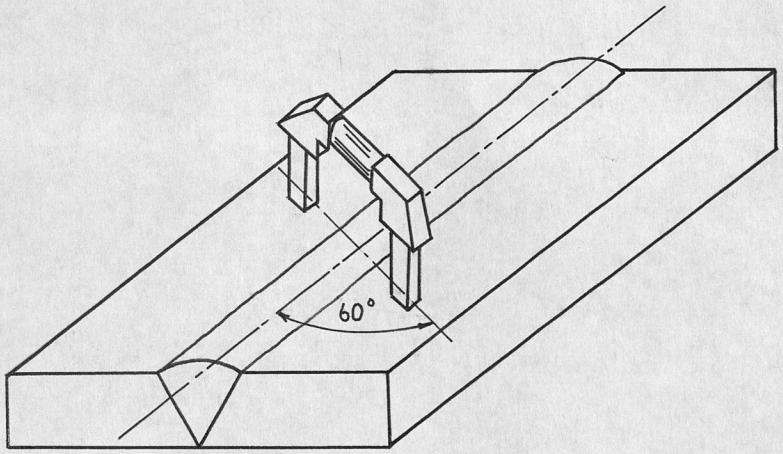
Previa a una inspección visual, la aplicación del método de inspección por partículas magnéticas, permite la comprobación de la no existencia de defectos superficiales y subsuperficiales con resultados rápidos y precisos en las uniones soldadas de la pala del sistema de gobierno.

Este método de inspección, se basa en la magnetización de las planchas por medio de un yugo y la forma de inspección se muestra en la figura 40. En la figura 41, se da a conocer el mecanismo de inspección por partículas magnéticas en uniones soldadas a tope como en uniones soldadas en ángulo mediante la utilización de un yugo.

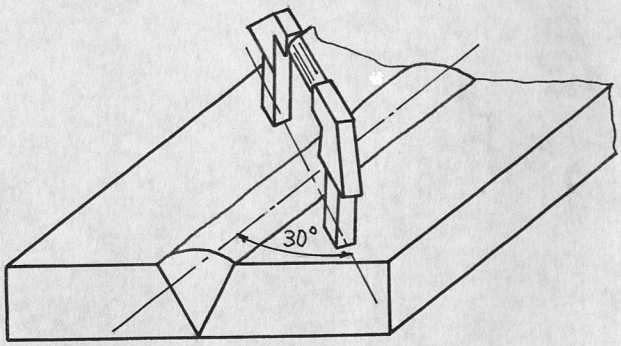
La aplicación de este método, se dá a conocer en cada uno de los formatos comprendidos desde el Detalle A hasta el Detalle Q que se encuentran en el Apéndice "B".

4.3 INSPECCION POR ULTRASONIDO.

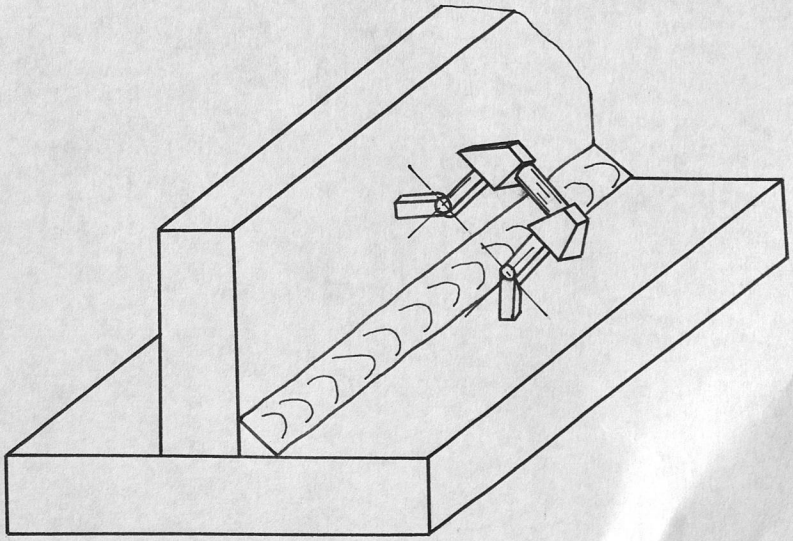
Una vez realizada la inspección visual en la soldadura, con el fín de determinar las condiciones geométricas de las mismas, especialmente el grado de penetración, preparación de biseles, sobremonta, geometría y espesor de



Unión soldada a tope

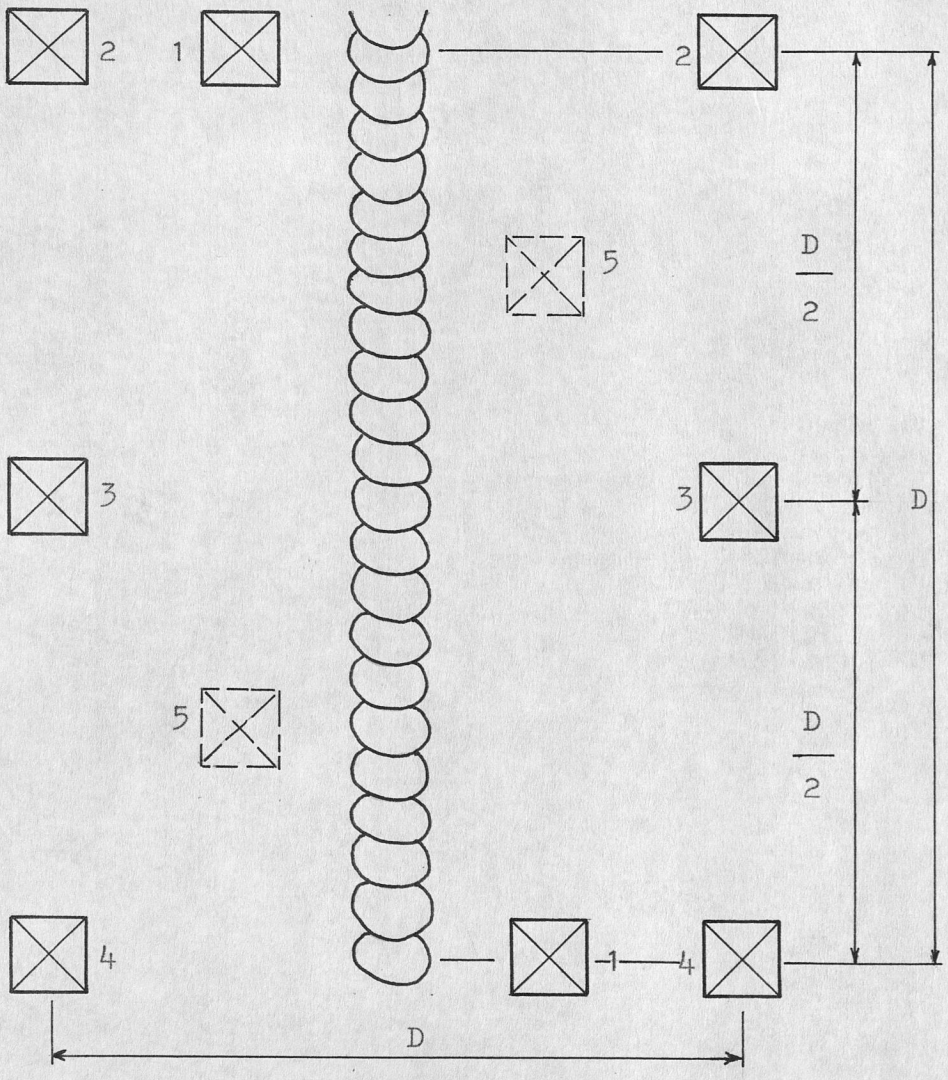


Unión soldada a tope



Unión soldada en ángulo

FIGURA 40. FORMA DE INSPECCION EN SOLDADURAS A TOPE Y EN ANGULO CON PARTICULAS MAGNETICAS.



D: Distancia de separación entre los polos del yugo. Los mismos números indican la ubicación simultánea de los polos del yugo.

FIGURA 41. SECUENCIA DE MEDICION Y UBICACION DEL YUGO. (Ref. 16)

plancha, para luego proceder a iniciar la inspección por el método de ultrasonido.

El equipo para realizar la inspección por el método de ultrasonido consta de:

1.- Equipo: Unidad ultrasónica SONIC MARK I
2.- Transductores: Angulares de 45° y 70°, normal de 1/2 pulgada de diámetro de 5 MHZ
3.- Cables de interconexión y aceite SAE 20 como medio de acoplamiento

La inspección por ultrasonido, se la hace por el método de impulso-eco, en el cual, la energía de excitación ultrasónica es aplicada al cristal del transductor en forma de pulsos cortos repetidos con frecuencia que permite al equipo detectar entre pulso y pulso la energía ultrasónica reflejada (eco) en cualquier parte del interior de la soldadura.

Para realizar la inspección por ultrasonido en una determinada unión soldada, primeramente se calibra el equipo mediante un bloque de calibración IIW, y dependiendo de la forma del bisel, del espesor de plancha y de la posición de la unión, se elije el transductor. En la Tabla XIX se da a conocer valores de ángulo de transductores dependiendo del espesor de plancha.

La zona de exploración se la determina mediante la siguiente expresión: (Ref. 17)

TABLA XIX

VALORES DEL ANGULO DEL TRANSDUCTOR EN FUNCION DEL ESPESOR DEL MATERIAL A ENSAYAR. (Ref. 17)

ESPESOR	ANGULO
5 mm	80°
5 15 mm	70°
15 30 mm	60°
30 60 mm	45°
60 mm	35°

$$d = s \, tg\alpha \qquad (22)$$

donde:

d = Distancia mínima del transductor al centro del cordón

s = Espesor de plancha

α = Angulo del transductor

En la figura 42, se muestra la forma de inspeccionar soldaduras a tope, mientras que en la figura 43 se muestra la forma de inspección de soldaduras en ángulo.

En la figura 44, se tiene el mecanismo de barrido del del transductor durante la inspección en soldaduras a tope como en soldaduras en ángulo, el mismo que se realiza con respecto a la soldadura hacia adelante y hacia atrás imprimiendo un ligero cabeceo de modo que realice un movimiento en zig-zag para poder detectar defectos inclinados y paralelos al cordón de soldadura.

Este tipo de inspección, se aplica en los siguientes detalles: A, D, G, H e I que se encuentran en el Apéndice "B".

4.5 PRUEBA HIDROSTATICA.

Debido a la forma y construcción de la pala, se la considera como un recipiente a presión, por lo cual se le realiza la prueba hidrostática para comprobar la no existencia de fugas de aceite por las uniones soldadas.

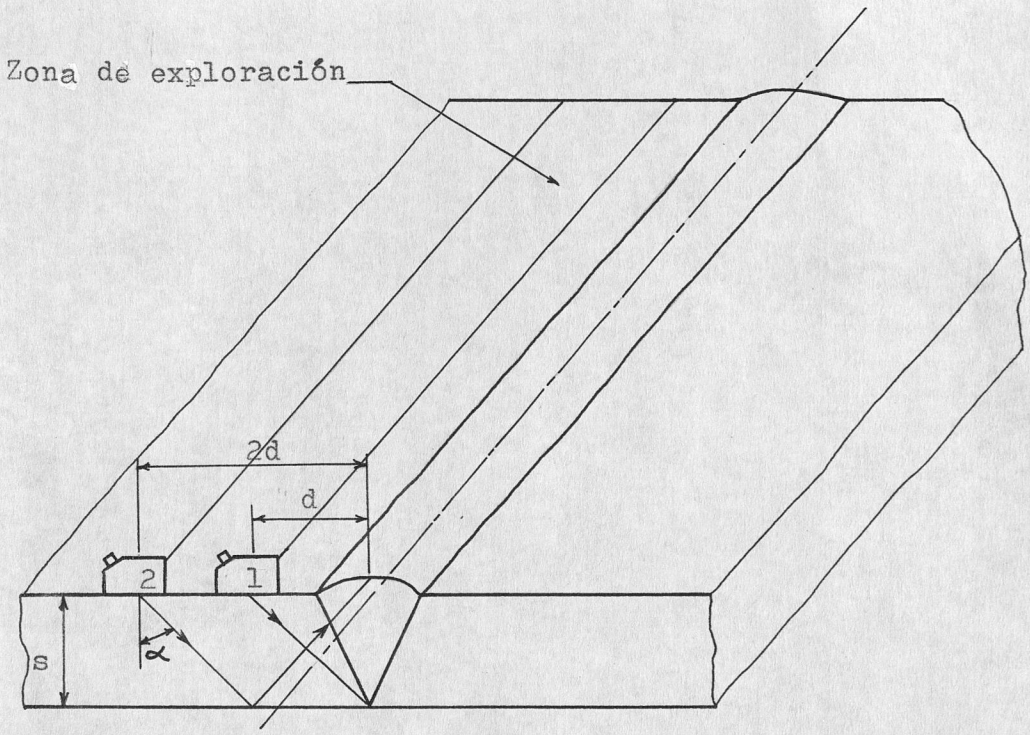
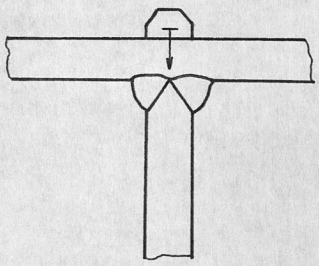
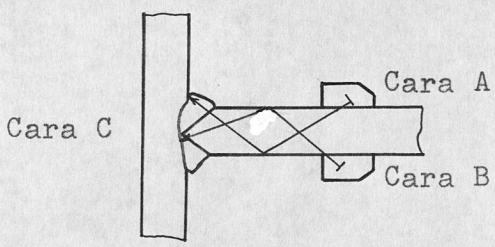


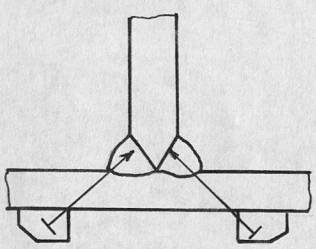
FIGURA 42. PROCEDIMIENTO DE INSPECCION ULTRASONICA PARA SOLDADURA DE UNION SOLDADA A TOPE (Ref. 17)



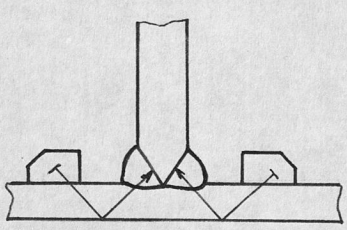
a) Inspección de la zona de fusión utilizando transductor normal.



b) Inspección de la soldadura desde las caras A y B.

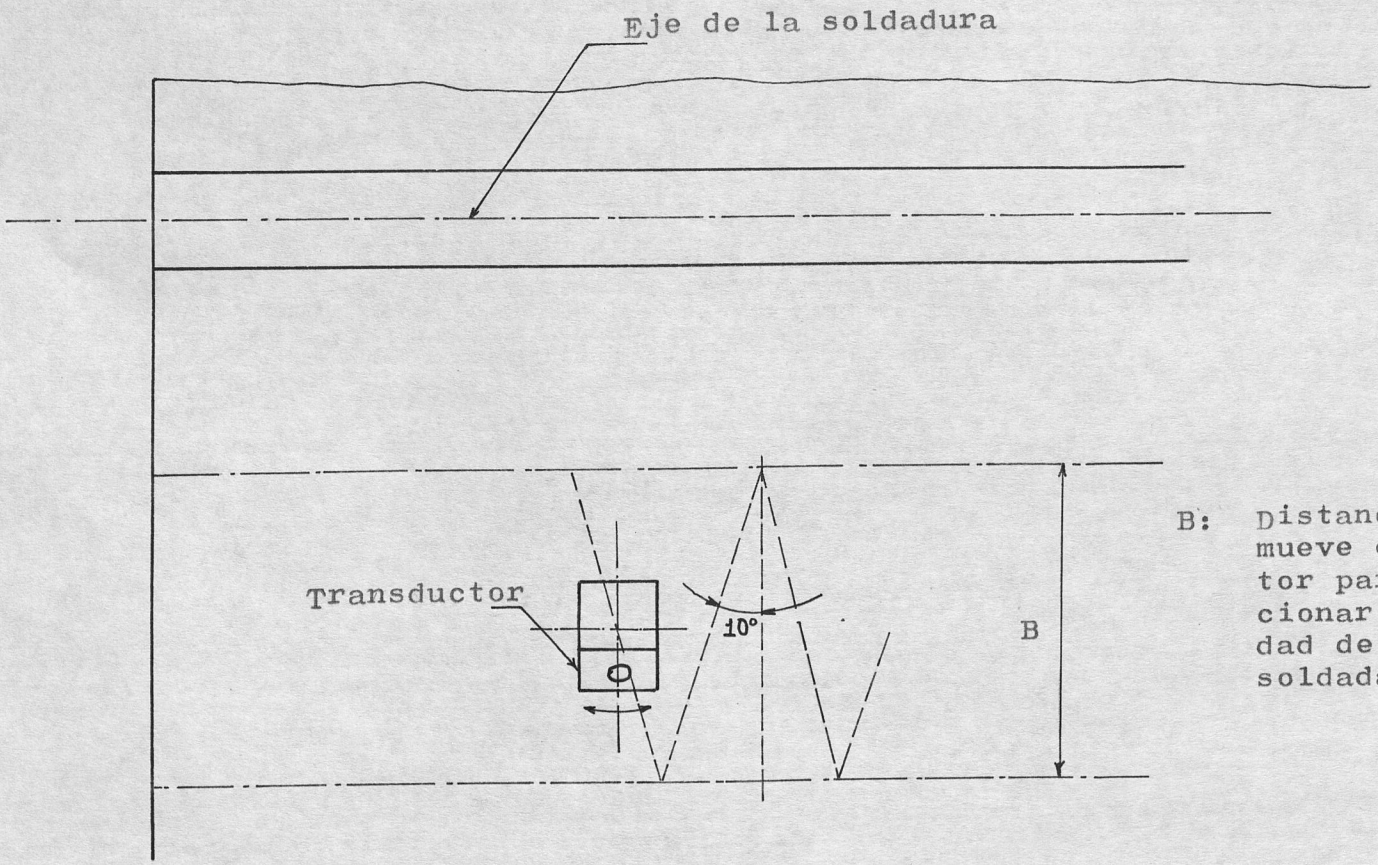


c) Inspección de la soldadura desde la cara C.



d) Posición alternativa para inspeccionar la soldadura.

FIGURA 43. PROCEDIMIENTO DE INSPECCION ULTRASONICA PARA SOLDADURAS DE UNIONES SOLDADAS EN ANGULO. (Ref. 18)



B: Distancia que se mueve el trandductor para inspeccionar la totalidad de la sección soldada

FIGURA 44. MECANISMO DE BARRIDO DEL TRANSDUCTOR DURANTE EN ENSAYO. (Ref. 18)

Para realizar la prueba hidrostática, se emplea aceite SAE 40, el cual es aplicado gradualmente al interior de la pala a una presión mínima de una vez y media la máxima presión de trabajo. Entendiéndose como máxima presión de trabajo aquella para la cual es conveniente el recipiente a temperatura atmosférica normal.

Una vez realizada la prueba hidrostática, se sella la pala de tal manera que quede llena de aceite, para poder así, verificar cualquier falla en el material como en la soldadura durante el trabajo de la pala en el mar.

4.5 CRITERIOS DE ACEPTACION Y RECHAZO.

A.- Inspección visual.

Según el código AWS (Ref. 12) se tiene:

1.- La soldadura no debe tener grietas

2.- Debe existir una completa fusión entre capas contiguas de metal soldado y entre el metal soldado con el metal base

3.- Los cráteres deben ser llenados en toda la sección de la soldadura, excepto en el final de la soldadura intermitente en ángulo.

4.- Los perfiles soldados deben ser de acuerdo a la figura B.6 del Apéndice "B"

5.- La suma de diámetros de poros agudos visibles en la soldadura en ángulo, no debe exceder los 3/8

plg. (9.5 mm) en pulgada linial de soldadura y no exceder los 3/4 plg. (19.0 mm) en 12 plg. (305 mm) de longuitud de soldadura.

6.- La penetración completa en uniones soldadas con ranura en uniones transversales a tope, en dirección del esfuerzo de tensión computado, pueden tener poros agudos no visibles. Para toda soldadura con ranura, los poros agudos visibles no deden exceder los 3/8 plg. (9.5 mm) en pulgada linial de soldadura y no deben exceder los 3/4 plg (19 mm) en 12 plg. (105 mm) de longuitud de soldadura.

7.- La inspección visual en soldaduras, debe realizarse inmediatamente después de haber completado la soldadura y enfriado a temperatura ambiente.

B.- Inspección por partículas magnéticas.

Según el código ASME, Sección VIII se tiene:

Todas las indicaciones liniales son inaceptables, y serán removidas y reparadas.

Cuando se remueva una discontinuidad por amolado, y no se necesite un posterior relleno con soldadura, deberá cuidarse que el contorno de la superfície no presente bordes agudos o entallas.

Donde se haya removido un defecto, el área será reexa

minada bajo el mismo método para verificar si ha sido removido completamente.

Si se ejecutan reparaciones, el área reparada será examinada por el mismo método.

C.- Inspección por ultrasonido.

Todas las imperfecciones que son causadas con una indicación en exceso del 20 % de DAC, deben ser investigada al grado que tiene que ser evaluado en términos de estandart de aceptación de la referencia del código ASME, Sección V de ensayos no destructivos.

CAPITULO V

ANALISIS DE COSTOS

Antes de analizar cada uno de los costos involucrados en la construcción de la pala del sistema de gobierno, es nesesario conocer las siguientes condiciones:

- Amperaje, Amp. _____ De acuerdo a detalles
- Voltaje, volt. _____ De acuerdo a detalles
- Velocidad de soldeo, lb/plg. sold. ___ De acuerdo a detalles
- Eficiencia de trabajo de soldadura ___ 0.5
- Eficiencia de depósito _____ 0.65
- Eficiencia de la máquina _____ 0.60
- Costo de electrodo, $/lb. _____ 800
- Salario del soldador, $/hr. _____ 1,500
- Valor del kilovatio-hora, $/Kw-hr ____ 15

A.- CALCULO DE MATERIAL DEPOSITADO (CMD).

La cantidad de material depositado en las uniones, se calcula mediante la siguiente expresión: (Ref. 10)

$$CMD = \frac{\text{Costo de electrodo x lb. de metal depositado/plg.}}{\text{Eficiencia de depósito}}$$

(22)

DETALLE A

$$CMD = \frac{\$800/lb \times 0.272\ lb/pie \times 1\ pie/12\ plg.}{0.65} = \$27.9/plg.$$

$$CMD = \$27.9/plg. \times 448.9\ plg.$$

$$CMD = \$12523.20$$

De la misma manera se calcula la cantidad de material depositado para los demás detalles del plano general.

B.- CALCULO DE ENERGIA UTILIZADA (CEU).

La energía que se consume en el proceso de soldadura es determinada con la siguiente expresión: (Ref. 10)

$$CEU = \frac{\text{Voltaje x Amperaje x Valor del Kw-hr}}{\text{Velocidad de soldeo x Eficiencia de máquina}} \quad (23)$$

DETALLE A

$$CEU = \frac{24\ volt. \times 350\ amp. \times \$15/Kw\text{-}hr}{8\ plg./min \times 0.60 \times 60\ min./1\ hr.} = \$437.5/plg.$$

$$CEU = \$437.5/plg. \times 448.9\ plg.$$

$$CEU = \$196393.80$$

De manera similar se determina la energía que se consume para los demás detalles.

C.- CALCULO DE MANO DE OBRA (CMO).

La mano de obra que representa la labor que realiza el soldador, es determinada mediante la siguiente expresión: (Ref. 10)

$$CMO = \frac{\text{Salario del soldador}}{\text{Velocidad de soldeo x Eficiencia de trabajo}} \quad (24)$$

DETALLE A

$$CMO = \frac{\$1,500/hr.}{7\ plg./min \times 0.5 \times 60\ min./1\ hr.} = \$7.1/plg.$$

$$CMO = \$7.1/plg. \times 448.9\ plg.$$

$$CMO = \$3,206.40$$

De igual forma se realiza el cálculo de mano de obra para los demás detalles.

D.- CALCULO POR GASTOS GENERALES (CGG).

Dentro de los gastos generales, se incluyen aquellos gastos por personas que realizan trabajos de transportación de materiales, dobladores, personas que realizan los biseles en las uniones, limpiadores y el inspector de la obra. Los gastos generales se calcula con la siguiente expresión: (Ref. 10)

$$CGG = \frac{\text{Dos salarios del soldador}}{\text{Velocidad de soldeo x Eficiencia de trabajo}} \quad (25)$$

La expresión anterior puede ser simplificada por:

$$CGG = 2 \times CMO \qquad (26)$$

Todos los valores, calculados por las expresiones anteriores se encuentran en la Tabla XX.

E.- COSTO DE INSPECCION (CI).

El costo total de la inspección es de $ 800.000 y en la Tabla XXI se tiene la forma como se encuentra repartida porcentualmente dicha cantidad.

F.- CALCULO DE TIEMPO DE SOLDADURA (CTS).

El tiempo empleado en realizar un cordón de soldadura es determinado mediante la siguiente expresión: (Ref. 10)

$$CTS = \frac{\text{Tiempo de soldadura x Longuitud de soldadura}}{\text{Eficiencia de trabajo x Día de trabajo}} \qquad (27)$$

DETALLE A

$$CTS = \frac{0.0270 \text{ hr./pie} \times 448.9 \text{ plg.} \times 1 \text{ pie}/12 \text{ plg.}}{0.5 \times 8 \text{ hr./día}}$$

$$CTS = 3.0 \text{ dias}$$

De igual manera se calcula el tiempo de soldadura para los demás detalles. Estos valores, se encuentran en la Tabla XX.

El costo total (CT) de la obra se obtiene con la siguiente ex-

presión:

$$CT = CMD + CEU + CMO + CGG + CI \qquad (28)$$

$$CT = 755,741.7 + 2'322,607.9 + 128,713.2 + 600,657.4 + 800,000$$

$$CT = 4'607,720.20 \text{ sucres.}$$

Por lo tanto, se tiene que el costo total invertido en la construcción de la pala del sistema de gobierno, es la cantidad de 4'607,720.20 sucres, la misma que se realiza en el tiempo de dos meses con once días.

Cave indicar, que los datos que se utilizaron para realizar el cálculo de cada uno de los costos, excepto el costo de inspección, fueron tomados de tablas que corresponden al cálculo de parámetros de soldadura.

TABLA XX

VALORES DE COSTOS Y TIEMPOS DE SOLDADURA

DETALLES	CMD ($)	CEU ($)	CMO ($)	CGG ($)	CTS (días)
A	12,523.2	196,393.8	3,206.4	6,412.8	3.0
B	74,839.3	405,965.7	6,176.6	12,353.2	12.4
C	356.4	4,296.9	173.6	347.2	0.2
D	77,331.7	67,029.20	1,983.8	3,967.6	21.7
E	4,478.8	53,996.30	2,181.7	4,363.4	2.1
F	5,588.9	11,918.40	316.8	633.6	1.9
G	11,307.7	16,429.0	441.0	882.0	4.3
H	60,929.2	147,618.0	2,522.5	5,045.1	13.1
I	2,941.5	6,273.0	166.8	333.6	1.0
J	231,950.8	565,380.0	9,423.0	18,846.0	48.6
K	45,538.5	140,000.0	2,242.5	4,485.0	9.1
L	1,882.3	5,704.0	275.6	551.2	1.4
M	721.0	26,948.3	1,757.5	3,515.0	0.3
N	25,310.8	50,052.5	1,202.5	2,405.0	6.1
O	15,906.8	109,820.0	2,453.2	4,906.4	3.5
P	41,168.6	130,253.2	2,805.0	5,610.0	14.1
Q	142,966.2	384,529.6	5,575.6	11,151.2	21.1
Σ	755,741.7	2'322,607.9	42,904.1	85,808.2	163.9
Cantidad de personas			3	7	
TOTAL	755,741.7	2'322,607.9	128,713.2	600,657.4	163.9*

* 163.9 días - soldador: 54.6 días x 3 soldadores

TABLA XXI

COSTO DE INSPECCION

	Ultrasonido	Partículas magnéticas
Costo de equipo de inspección	40 %	30 %
Material	15 %	25 %
Mano de obra	30 %	30 %
Gasto administrativo	12 %	12 %
Gasto de movilización	3 %	3 %
	100 %	100 %
Valor total de inspección: 800000 sucres		

Costo total: CT = CMD + CEU + CMO + CGG + CI

CT = 4'607,720.20 sucres

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A.- CONCLUSIONES.

- Un adecuado diseño de las uniones soldadas, una correcta selección del proceso de soldadura y además, un correcto cálculo de los parámetros de soldadura aplicado en dicho proceso, permitieron construir la pala del sistema de gobierno como una estructura íntegra, confiable y apta para el trabajo que va a desempeñar.

- La correcta aplicación de los métodos de inspección no destructivos en todas las etapas de construcción de las uniones soldadas de la pala del sistema de gobierno, permitieron comprobar que dichas uniones no presentaban defectos, teniendo así una estructura bien soldada tal como se había planificado.

- La aplicación de los métodos de inspección en la obra en mención, consume un tiempo adicional al de la construcción propiamente dicha, elevando los costos. Sin embargo, este aumento es justificable si se toma en consideración el monto total de la inversión y el trabajo que va desempeñar la pala en mención.

- El costo de construcción de la pala del sistema de gobierno es elevado, debido a las dimensiones y características que presenta la misma, pero relacionando con el costo de la embarcación naval y el trabajo que va a desempeñar dicha pala, el costo de construcción de la pala se justifica.

- Con la construcción de esta pala, se obtiene un adelanto tecnológico en la construcción naval, permitiendo asi que ingenieros y cuerpo técnico nacional, encargados de este tipo de obra en mención, puedan realizar trabajos posteriores similares en lo que a construcción naval se refiere.

B.- RECOMENDACIONES.

- Los métodos de inspección en la construcción de la pala del sistema de gobierno, deben incluirse en el cronograma de trabajo y ejecutarse obligatoriamente en cada una de las etapas preestablecidas de acuerdo a normas de inspección durante el desarrollo de la obra.

- Es necesario llevar una relación documentada, de todo lo acontecido en cada uno de los pasos de construcción de la pala del sistema de gobierno, que incluyan los procedimientos de calificación de soldadura, calificación de soldadores, los parámetros de soldadura, los participantes y los resultados. Es recomendable que

se elabore un acta que deberá ser firmada por el inspector o por el supervisor de la obra.

- Se recomienda, para proyectos posteriores para construcción de palas de embarcaciones navales, se realice la calificación de procedimientos de soldadura y calificación de soldadores, porque permiten asegurar una correcta selección de parámetros de soldadura, un correcto procedimiento de soldadura y una buena calidad de las uniones soldadas.

A P E N D I C E S

APENDICE "A"

GLOSARIO DE TERMINOS (Ref. 5)

1.- FALTA DE PENETRACION.

Es una condición donde el metal de soldar no continúa a través del espesor completo de la unión.

2.- FUSION INCOMPLETA.

Falta de fusión total de alguna parte del metal en una unión de soldadura.

3.- GRIETAS.

Separación en el metal indicudo por un esfuerzo, el cual, sin otra influencia es insuficiente en extensión para causar ruptura completa del material.

4.- INCLUSION.

Impurezas no metálicas atrapadas en el metal durante su solidificación.

5.- INCLUSIONES DE ESCORIA.

Material sólido no metálico atrapado en el depósito de soldadura o entre el metal de soldar y el metal base.

6.- POROSIDAD.

Cavidades en la soldadura causadas por gas atrapado durante el proceso de solidificación. La porosidad puede presentarse bajo superfície o como cavidades en la superfície.

7.- SOCAVACION.

Reducción en espesor de la pared de la plancha metálica adyacente a la soldadura donde es fundida a la superfície metálica.

8.- SOLAPE.

Exceso de material de soldadura fuera de los límites del cordón soldado sobre la superfície del metal base.

APENDICE "B"

FOTOS, FIGURAS, FORMATOS Y PLANOS

FOTO 1.

En esta foto, se puede apreciar la forma de inspección por ultrasonidos realizada por ingenieros en el forro de la pala y que corresponde al Detalle B, de acuerdo al plano general.

FOTO 2.

En esta foto, se tiene la pala en toda su magnitud, la misma que se encuentra montada en el codaste, ubicado en la popa del barco, y apoyada en el barón.

FOTO 3.

Se observa la parte superior de la pala, la misma que se encuentra unida a la mecha mediante una brida. Esta mecha es la que permite hacer girar a la pala con dispositivos hidraúlicos que conforman los aparatos de gobierno.

FOTO 4.

En esta foto, se puede apreciar una forma de unión soldada entre el soporte y el tubo, y es la que corresponde al Detalle J y al Detalle A.

FOTO 5.

Se observa la parte inferior de la pala, la misma que se encuentra montada sobre el codaste del barco.

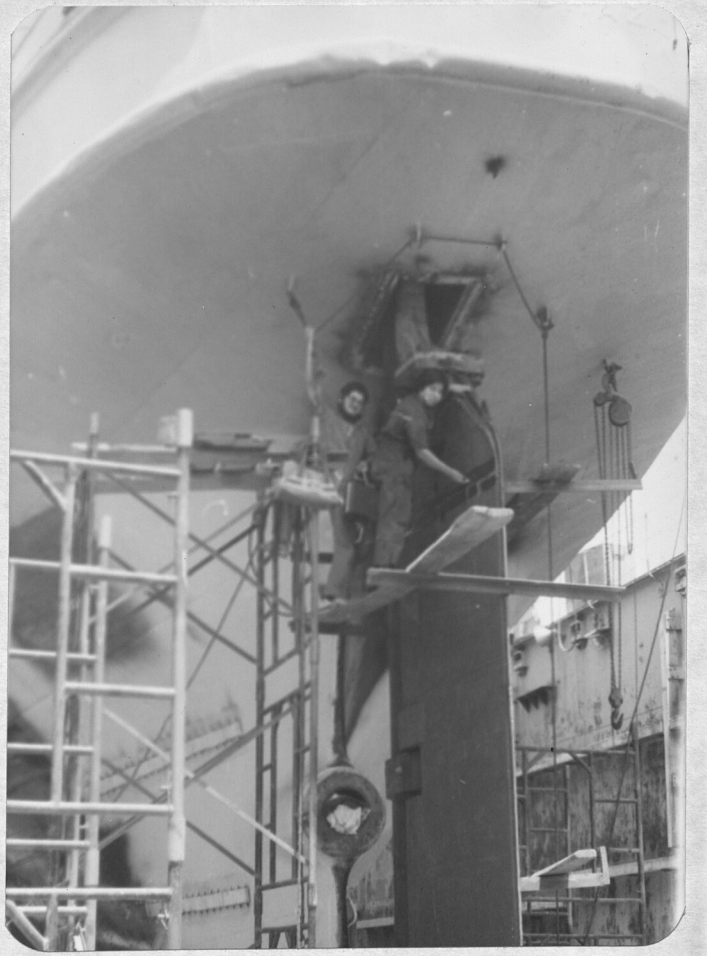


FOTO 1.

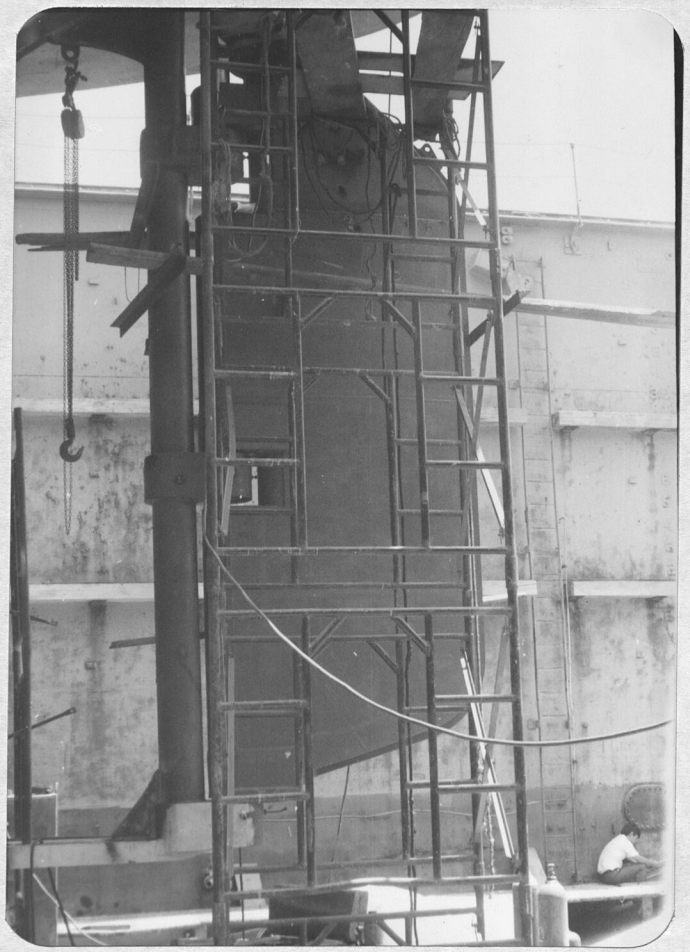


FOTO 2.

BIBLIOTECA
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL



FOTO 3.

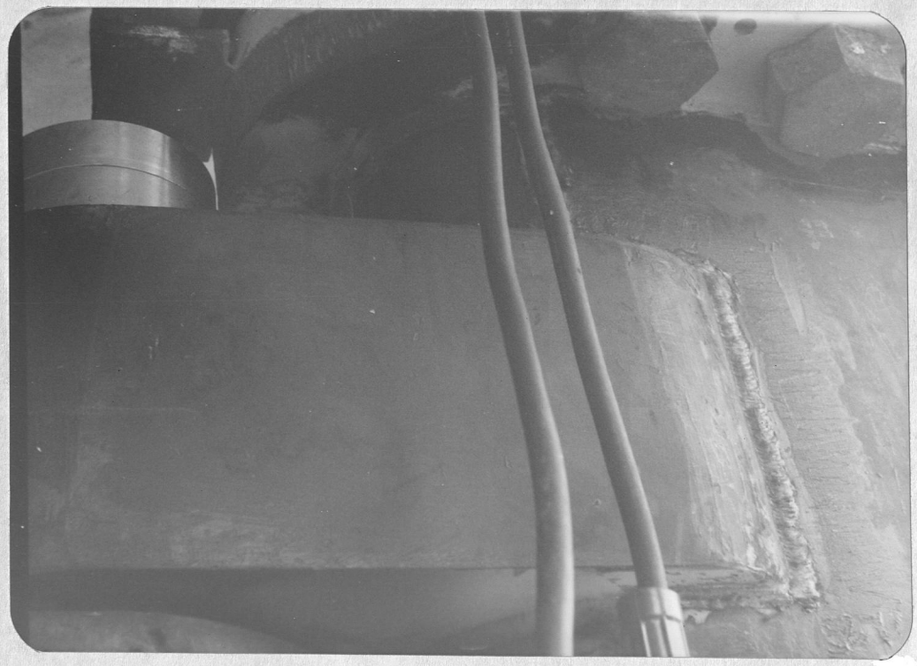
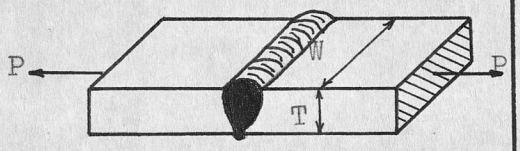


FOTO 4.

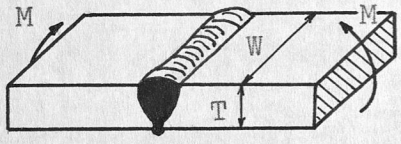
BIBLIOTECA



FOTO 5.

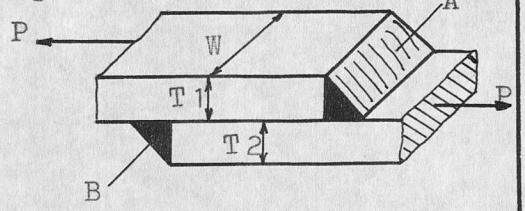


$$S = \frac{P}{T\ W}$$

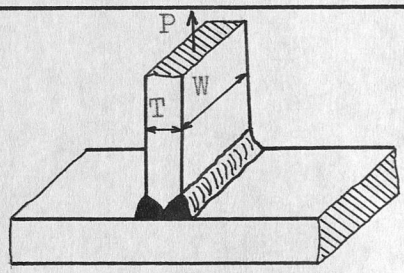


$$S = \frac{6\ M}{W\ T^2}$$

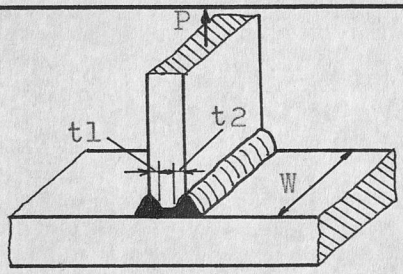
Tensión en la soldadura en A igual a la de B



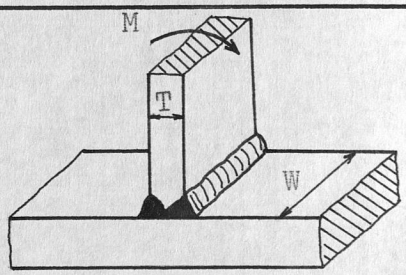
$$S = \frac{1.414\ P}{W\ (T1 + T2)}$$



$$S = \frac{P}{T\ W}$$



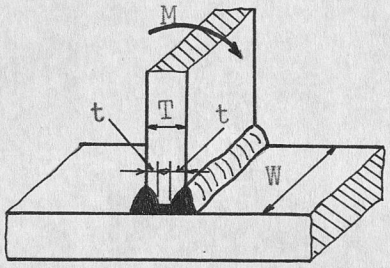
$$S = \frac{P}{W\ (t1 + t2)}$$



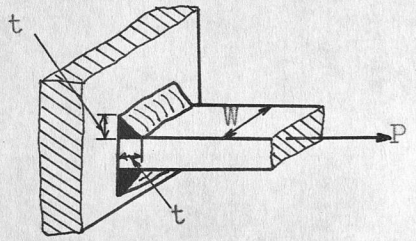
$$S = \frac{6\ M}{W\ T^2}$$

S = Tensión normal, Kg/mm
Ss= Tensión unitaria, Kg/mm
W = Ancho, mm
D = Diámetro, mm
T = Espesor de placa, mm
M = Momento flector, plg-lb
P = Carga externa, Kg
L = Distancia lineal, mm
t = Tamaño de la soldadura, mm

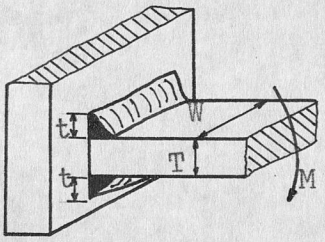
Fig. B.1 FORMULAS DE ESFUERZOS EN LA SOLDADURA. (Ref. 7)



$$S = \frac{3\,T\,M}{W\,t\,(3T^2 - 6Tt + 4t^2)}$$

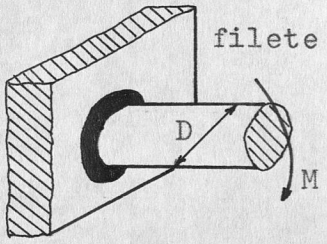


$$S = \frac{0.707\,P}{W\,t}$$

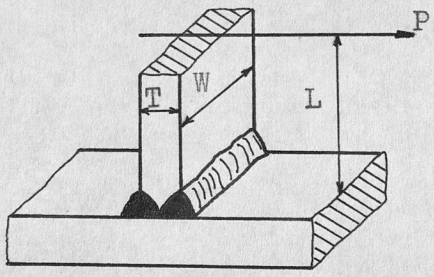


$$S = \frac{1.414\,M}{t\,W\,(T + t)}$$

Soldadura de filete (t)

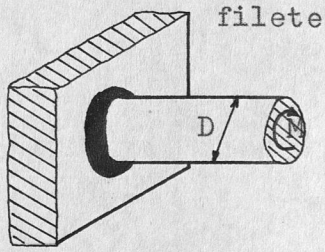


$$S = \frac{5.66\,M}{t\,D^2\pi}$$



$$S = \frac{6PL}{WT^2} \qquad S = \frac{P}{WT}$$

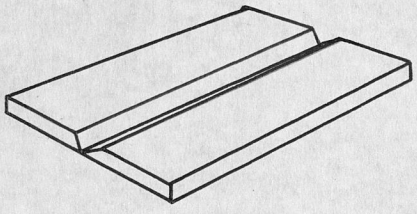
Soldadura de filete (t)



$$Ss = \frac{2.83\,M}{t\,D^2\pi}$$

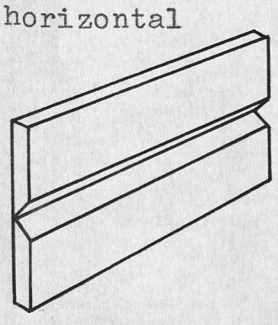
Fig. B. 2 FORMULAS DE ESFUERZOS EN LA SOLDADURA. (Ref. 7)

Planchas horizontales

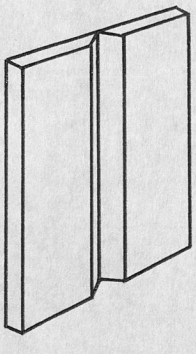


(a) Posición 1G

Planchas verticales;
eje de la soldadura
horizontal



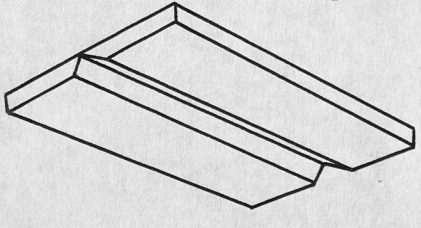
(b) Posición 2G



Planchas verticales;
eje de soldadura
vertical

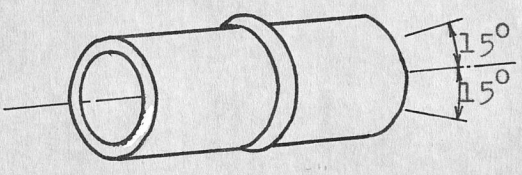
(c) Posición 3G

Planchas horizontales



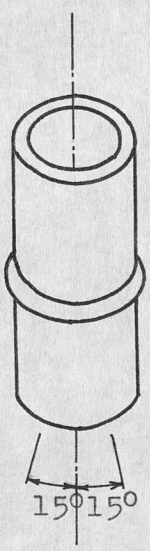
(d) Posición 4G

Fig. B.3 POSICIONES DE PRUEBAS DE SOLDADURA EN PLANCHAS CON RANURA. (Ref. 12).



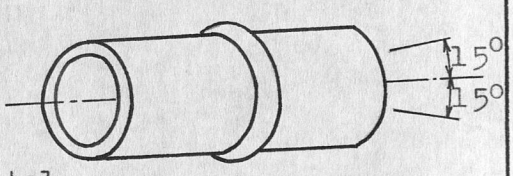
Tubo horizontal y rotando.
Soldadura plana (±15°).

(a) Posición 1G



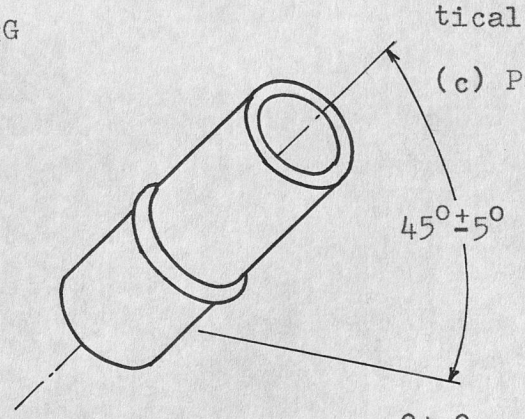
Tubo vertical y no rota durante el soldeo.
Soldadura horizontal con (±15°).

(b) Posición 2G



Tubo fijo horizontal (±15°), y no rota durante el soldeo
Soldadura plana, vertical, sobrecabeza.

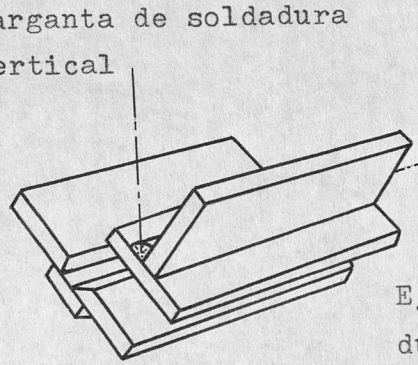
(c) Posición 5G



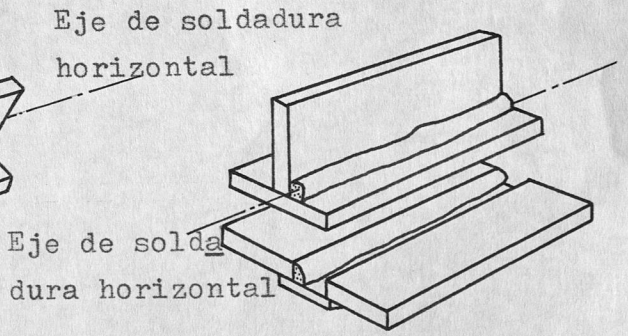
Tubo fijo inclinado (45°±5°), y no rota durante el soldeo.

(d) Posición 6G

Fig. B.4 POSICIONES DE PRUEBAS DE SOLDADURA EN TUBOS CON RANURA. (Ref. 12).

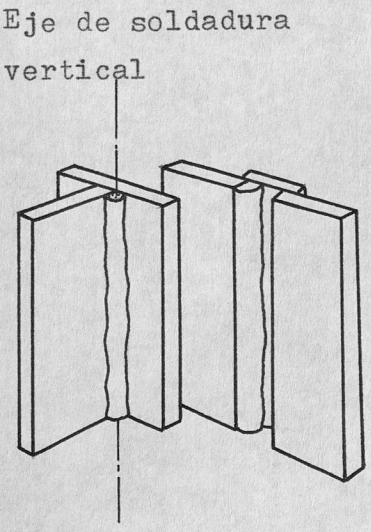


(a) Posición plana 1F

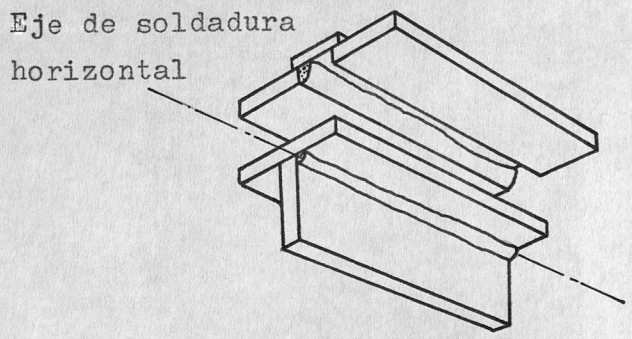


Nota: Una plancha debe ser horizontal

(b) Posición Horizontal 2F



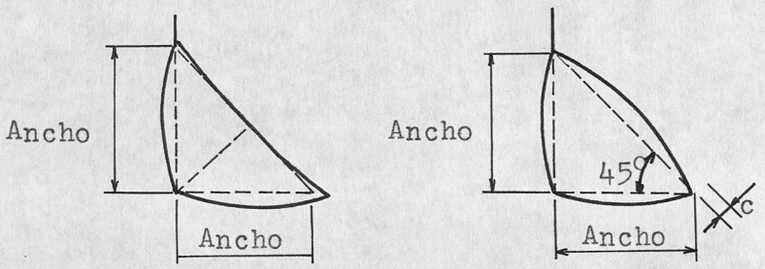
(c) Posición Vertical 3F



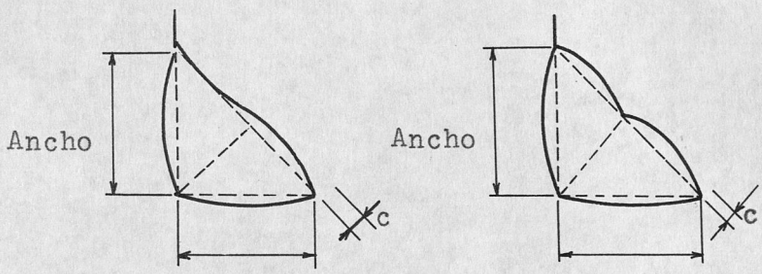
Nota: Una plancha debe ser horizontal

(d) Posición Sobrecabeza 4F

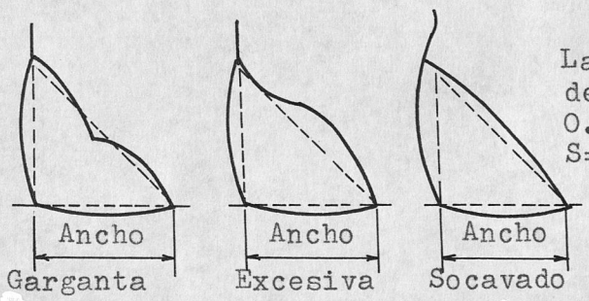
Fig. B.5 POSICIONES DE PRUEBAS DE SOLDADURA EN PLANCHAS CON SOLDADURA EN ANGULO. (Ref. 12).



(A) PERFILES DE SOLDADURA DESEABLE

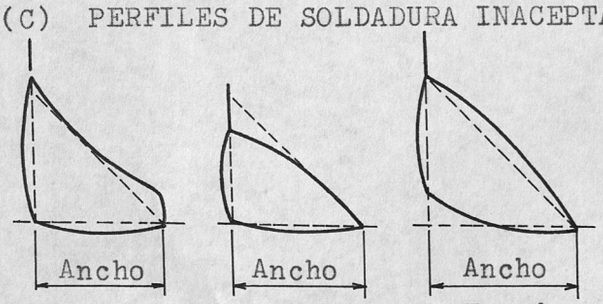


(B) PERFILES DE SOLDADURA ACEPTABLES



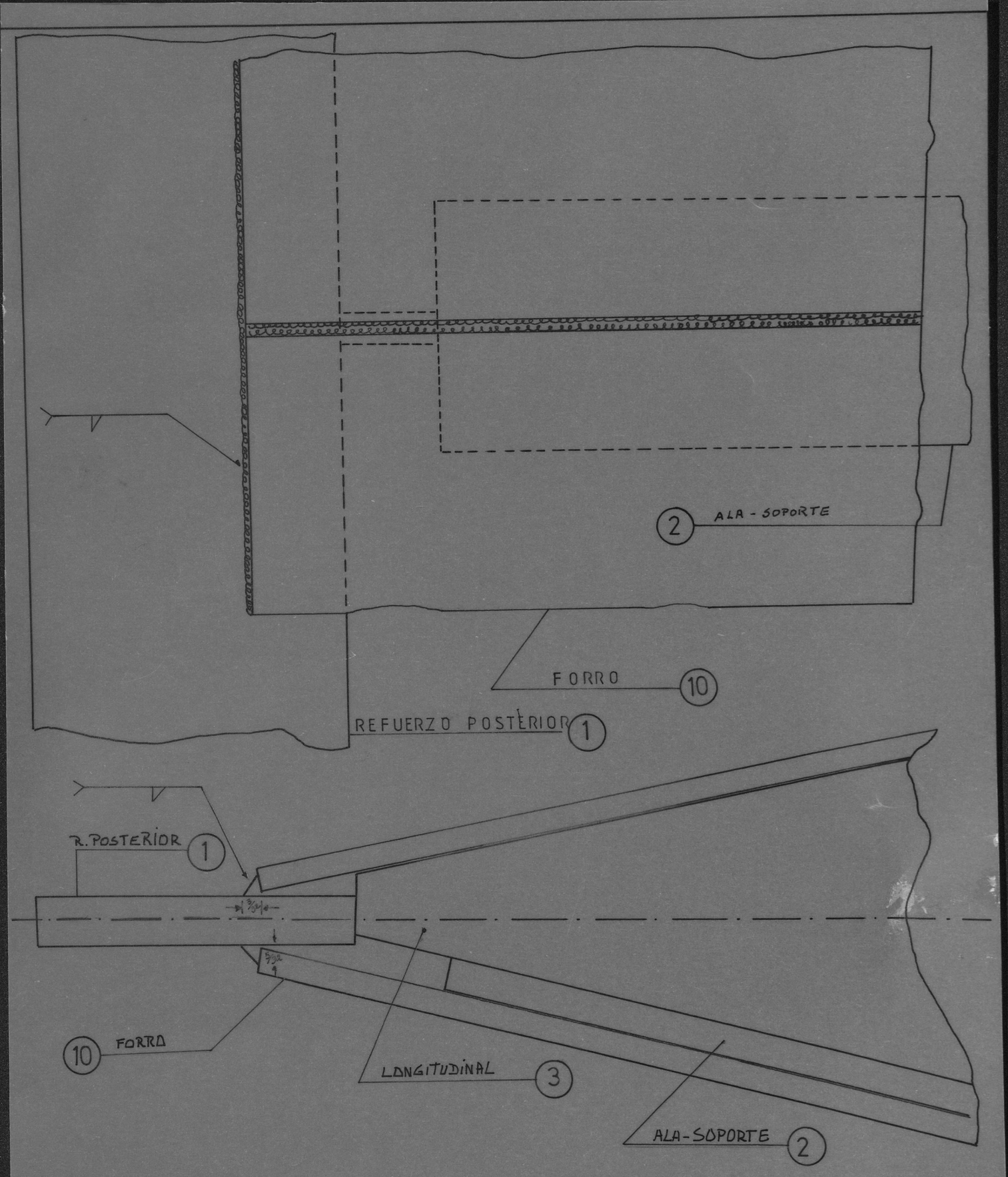
La convexidad no debe exceder de 0.07 S.
S= Ancho del cordón.

(C) PERFILES DE SOLDADURA INACEPTABLES



(C) PERFILES DE SOLDADURA INACEPTABLES

Fig. B.6 PERFILES DE SOLDADURA ACEPTABLES E INACEPTABLES. (Ref. 12).



DETALLE A

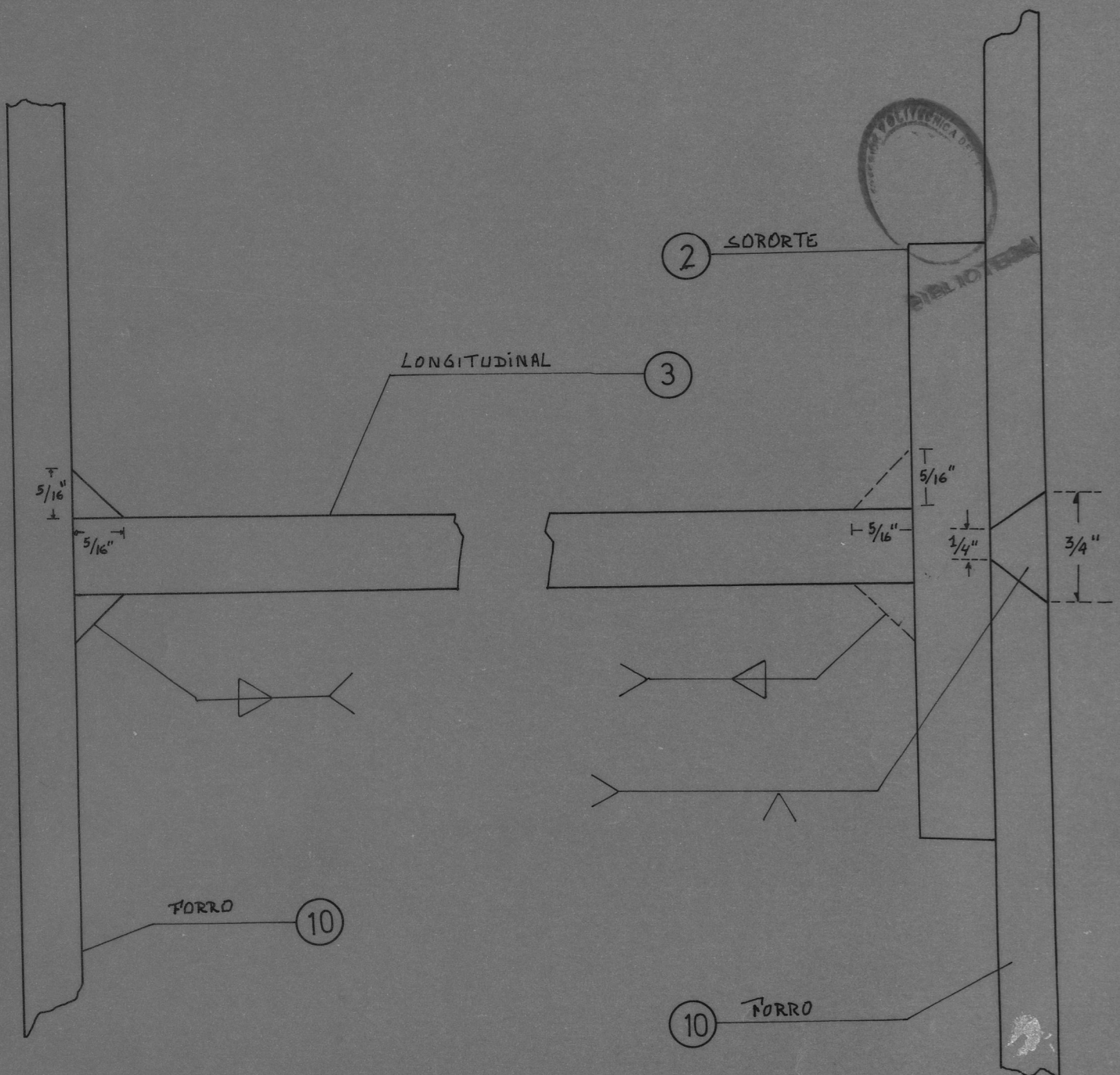
NOMBRE: UNION FORRO - R. POSTERIOR

DISEÑO: JOSE. ARIZAGA.	REVISION: OMAR. SERRANO
DIBUSO: JOSE. ARIZAGA.	APROBADO: OMAR SERRANO
ESCALA: 1/2": 1"	FECHA: FEBRERO/80

OBSERVACIONES:

ELECTRODO AWS E-7018

INSPECCIÓN POR P.M.



BIBLIOTECA

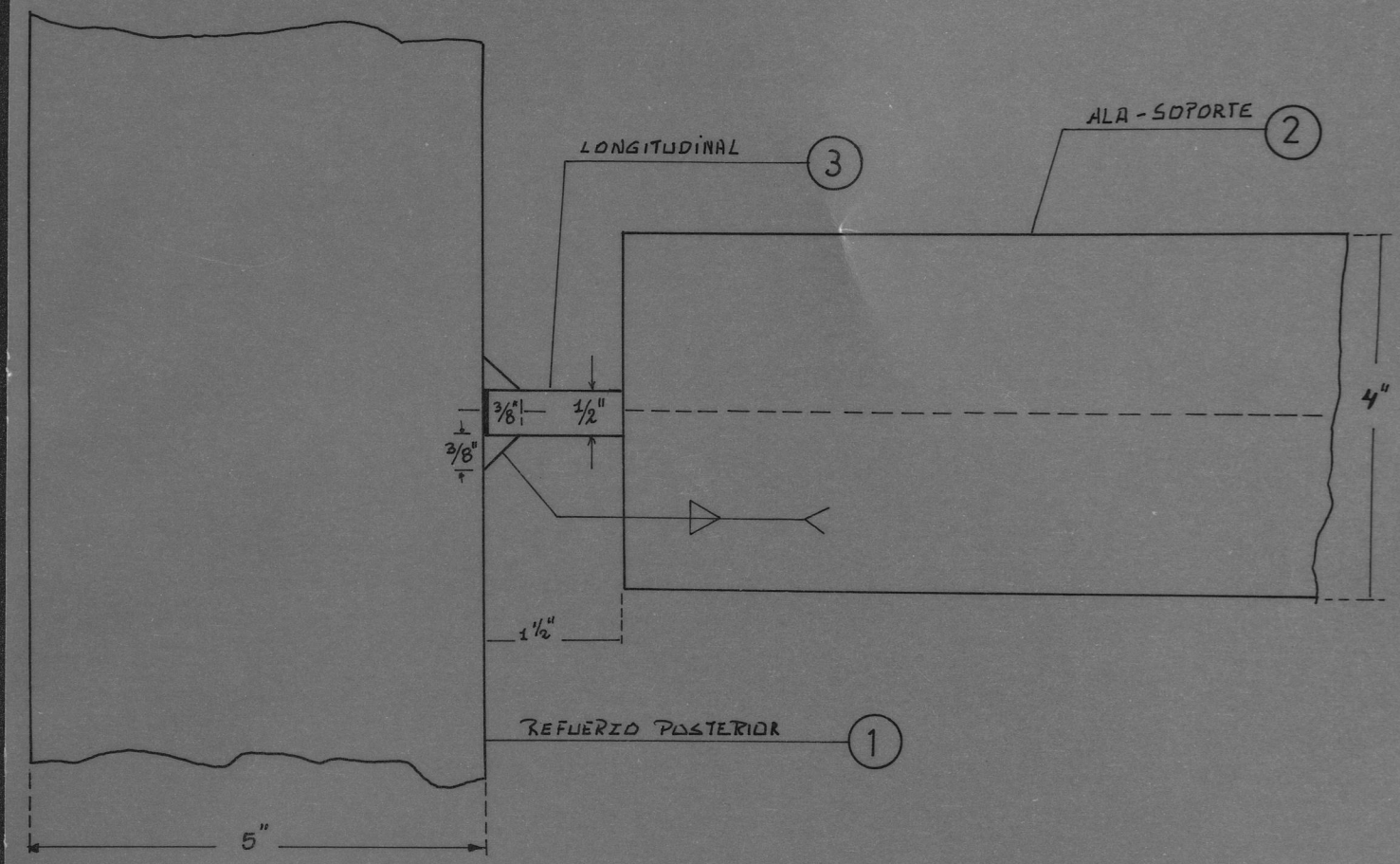
DETALLE-B

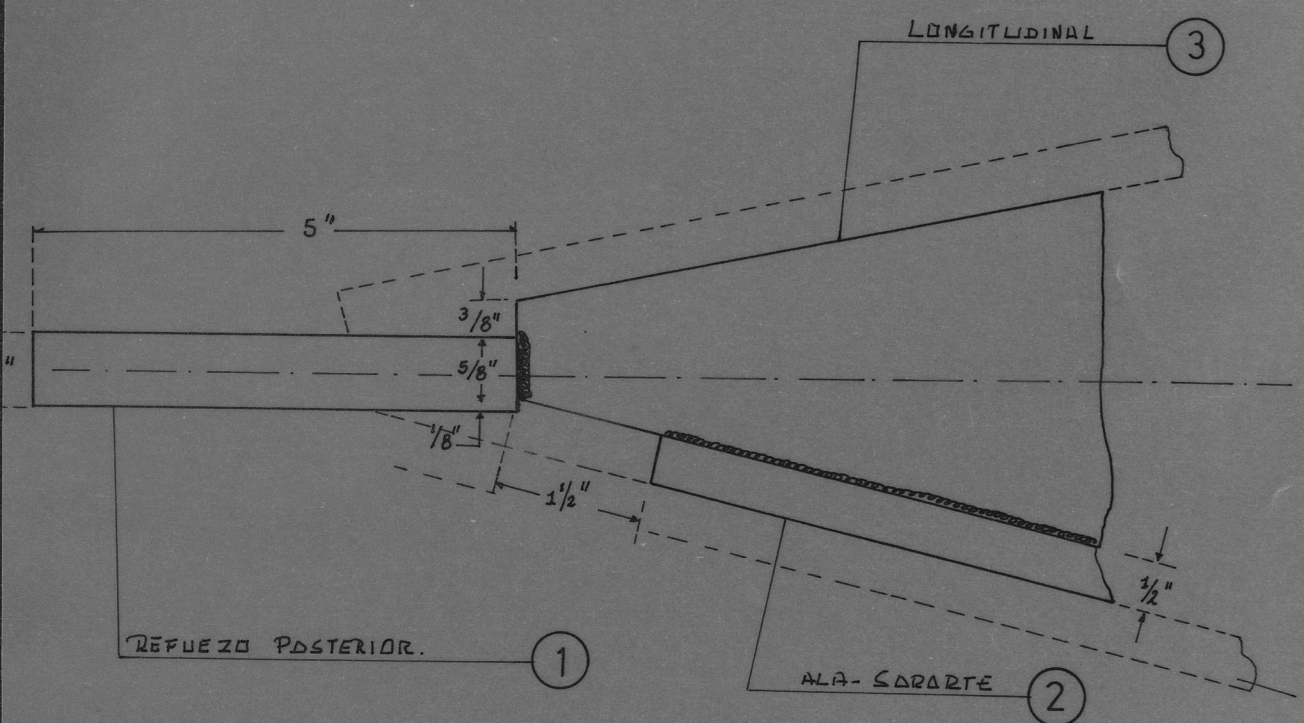
NOMBRE: FORRO - LONGITUDINAL

OBSERVACIONES:
ELECTRODO AWS E-7018
INSPECCION POR P.M. Y U.T.

DISEÑO: JOSE. ARIZAGA	REVISION: OMAR. SERRANO
DIBUJO: JOSE. ARIZAGA	APROBADO: OMAR. SERRANO
ESCALA: 1" = 1"	FECHA: FEBRERO/90

BIBLIOTECA





DETALLE. G.

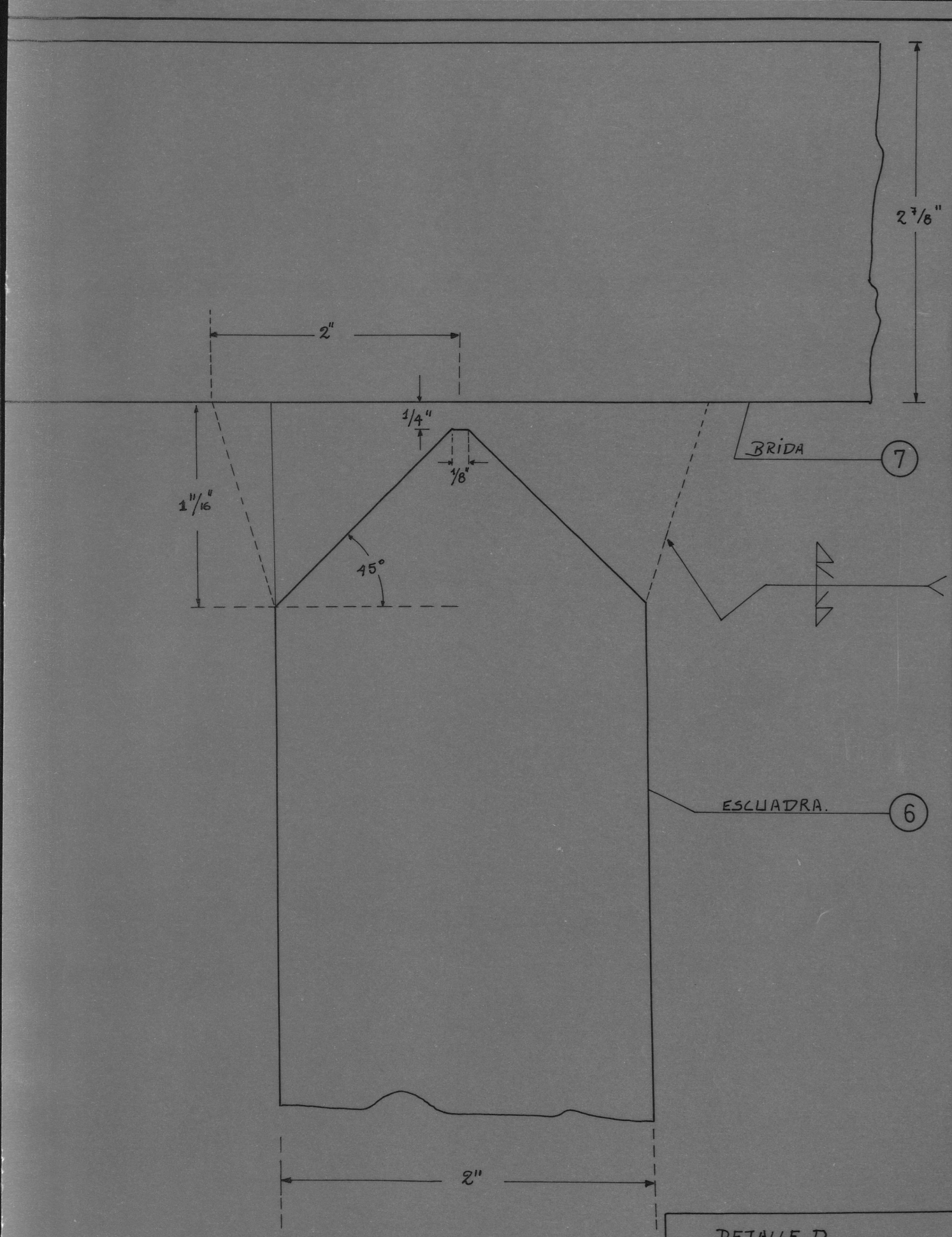
NOMBRE: UNION LONGITUDINAL - R. POSTERIOR

DISEÑO: JOSE. ARIZAGA	REVISIÓN: OMAR. SERRANO
DIBUJO: JOSE. ARIZAGA	APROBADO: OMAR SERRANO
ESCALA: 1/2" : 1"	FECHA: FEBRERO/90

OBSERVACIONES:

ELECTRODO AWS. E-7018.

INSPECCIÓN POR. P.M.



DETALLE.D.

NOMBRE: UNIÓN - BRIDA - ESCUADRA.

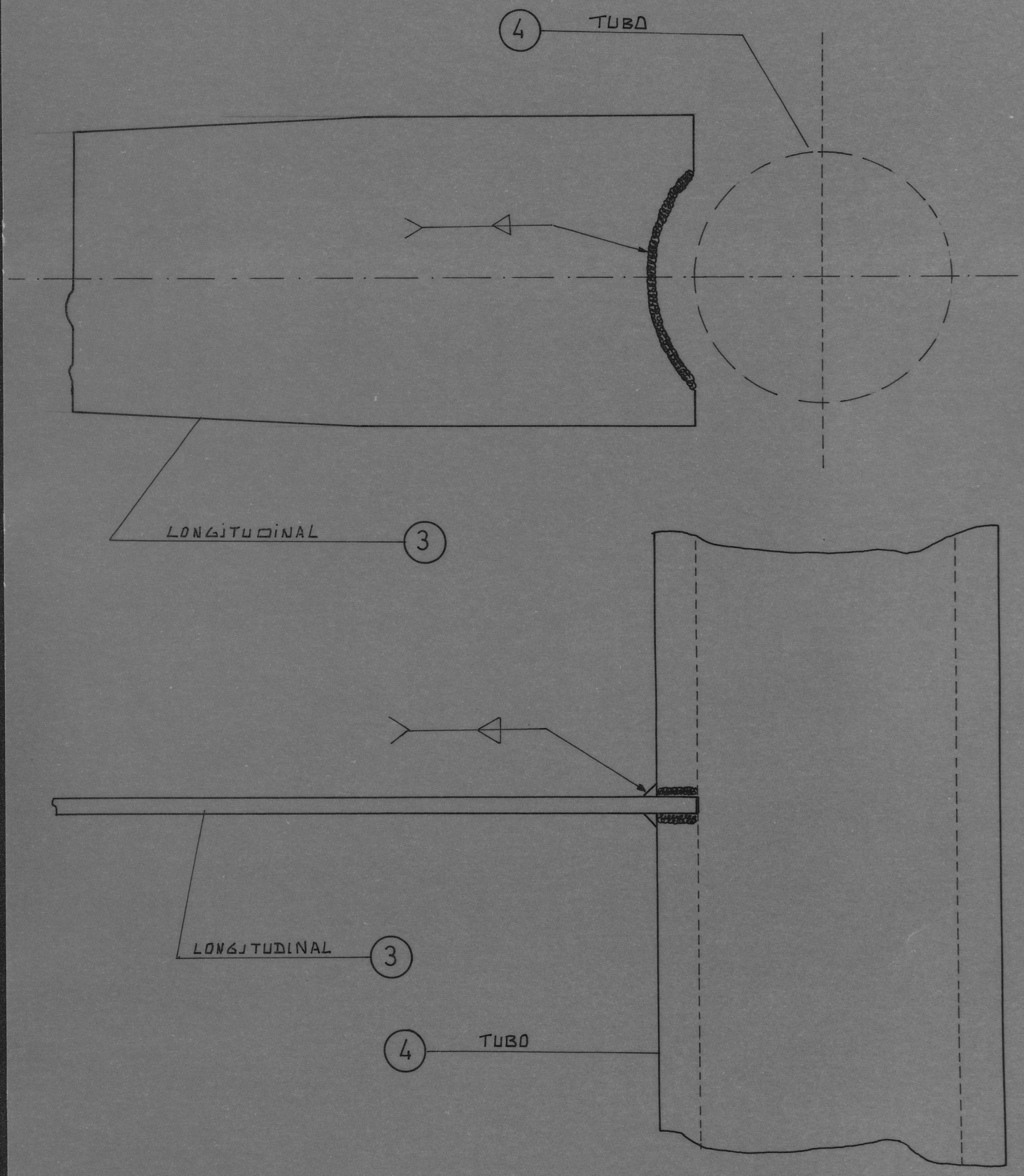
DISEÑO: JOSE. ARIZAGA.	REVISIÓN: OMAR SERRANO
DIBUJO: JOSE. ARIZAGA	APROBADO: OMAR. SERRANO
ESCALA: NATURAL.	FECHA: FEBRERO/90

OBSERVACIONES:

ELECTRODO AWS E-7018

PRECALENTAR A 100°C.

INSPECCIÓN POR P.M. PASADOS Y U.T. AL FINAL.



DETALLE . E.

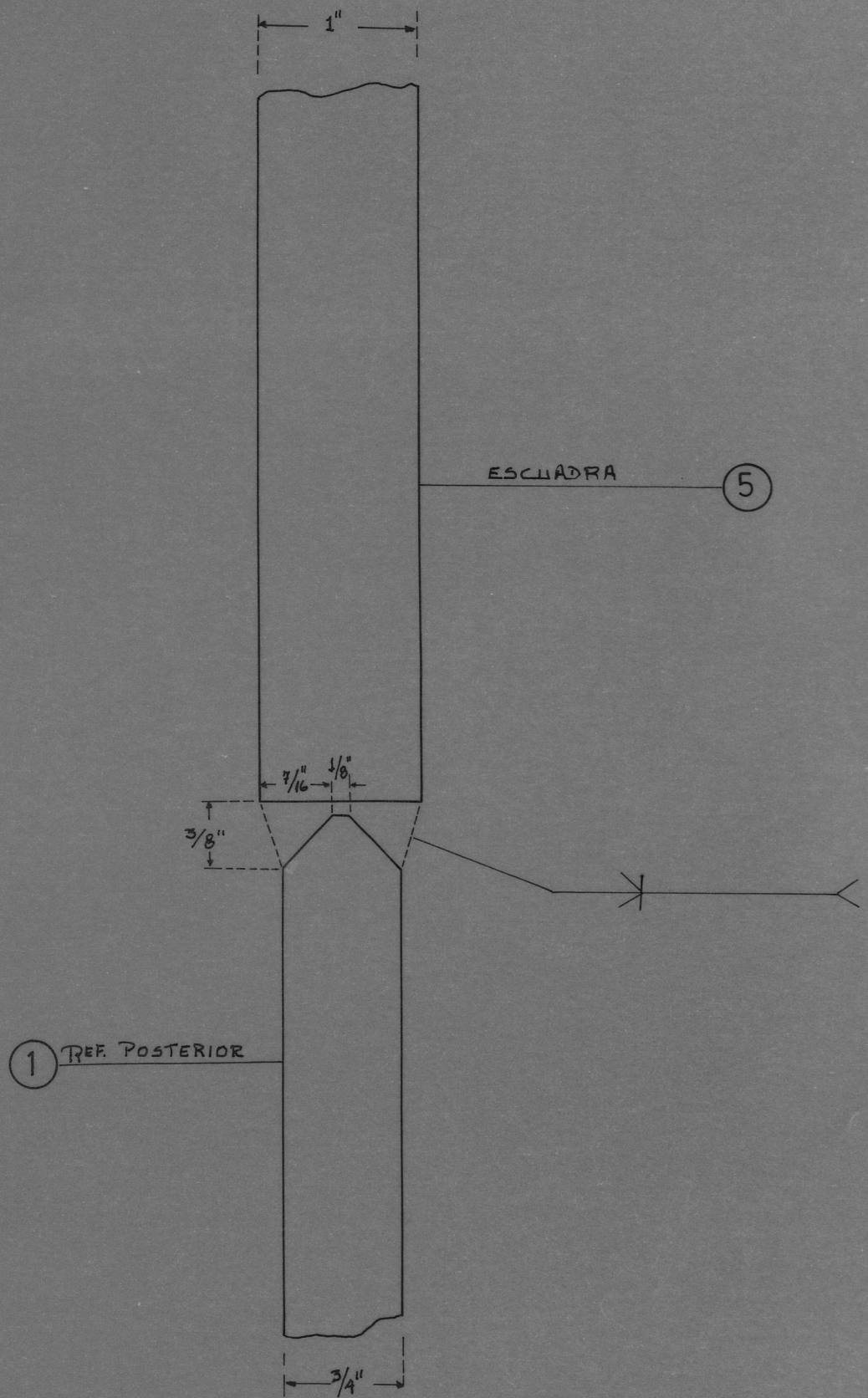
NOMBRE:
UNIÓN LONGITUDINAL – Tubo.

DISEÑO: JOSE. ARIZAGA	REVISADO: OMAR. SERRANO
DIBUJO: JOSE. ARIZAGA	APROBADO: OMAR. SERRANO
ESCALA: 1/4" : 1"	FECHA: FEBRERO /90

OBSERVACIONES:

ELECTRODO AWS E-7018

ENSAYO CON P.M.



DETALLE .F.

NOMBRE: UNION RET. POSTERIOR - ESCUADRA

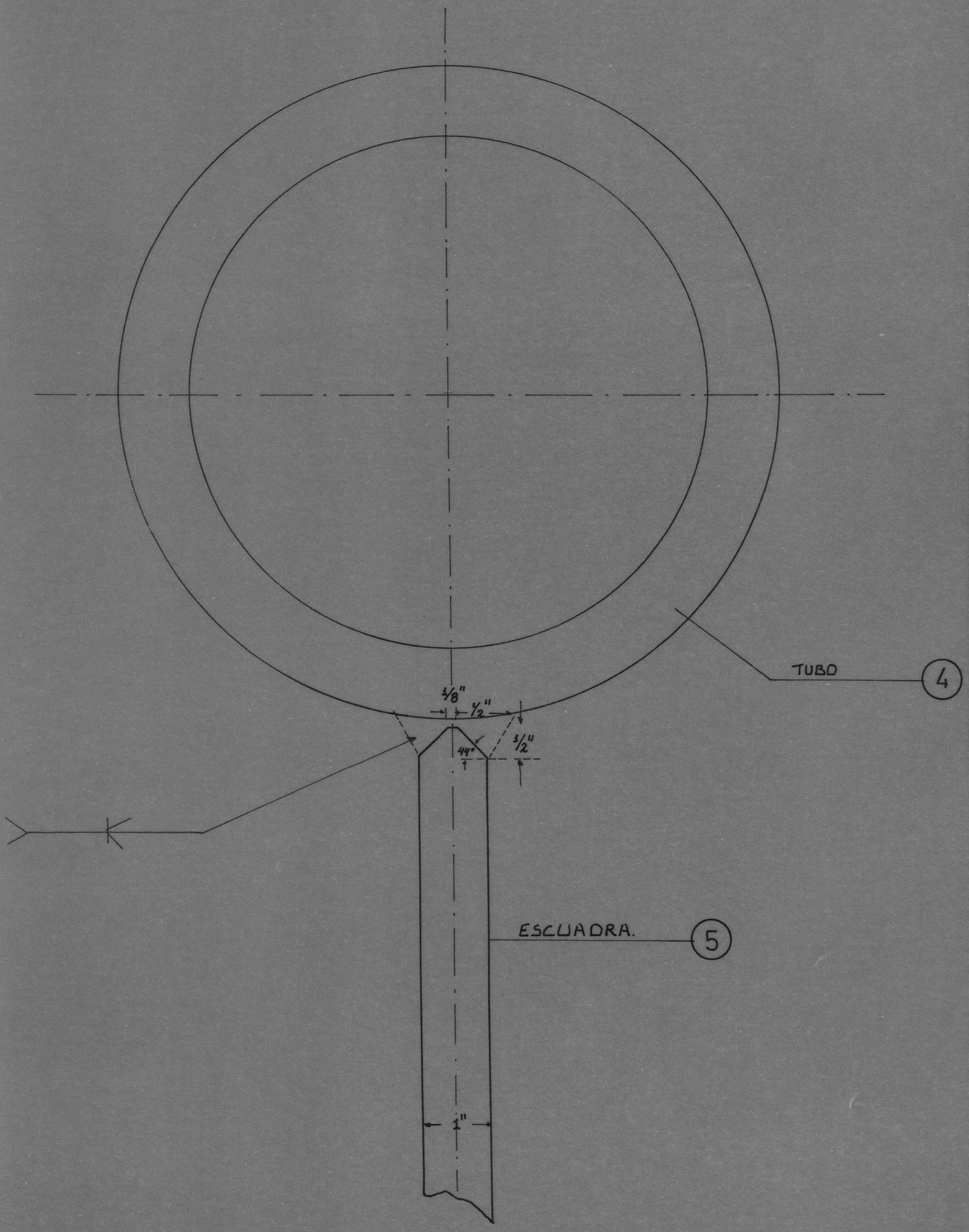
OBSERVACIONES:

ELECTRODO AWS E-6011 PASE de RAIZ y 7018

INSPECCION CON P.M. ENTRE PASADAS

PRECALENTAR A 65°C.

DISEÑO: JOSE. ARIZAGA.	REVISADO: OMAR-SERRANO
DIBUJO: JOSE. ARIZAGA	APROBADO: OMAR- SERRANO
ESCALA: 1": 1"	FECHA: FEBRERO/90



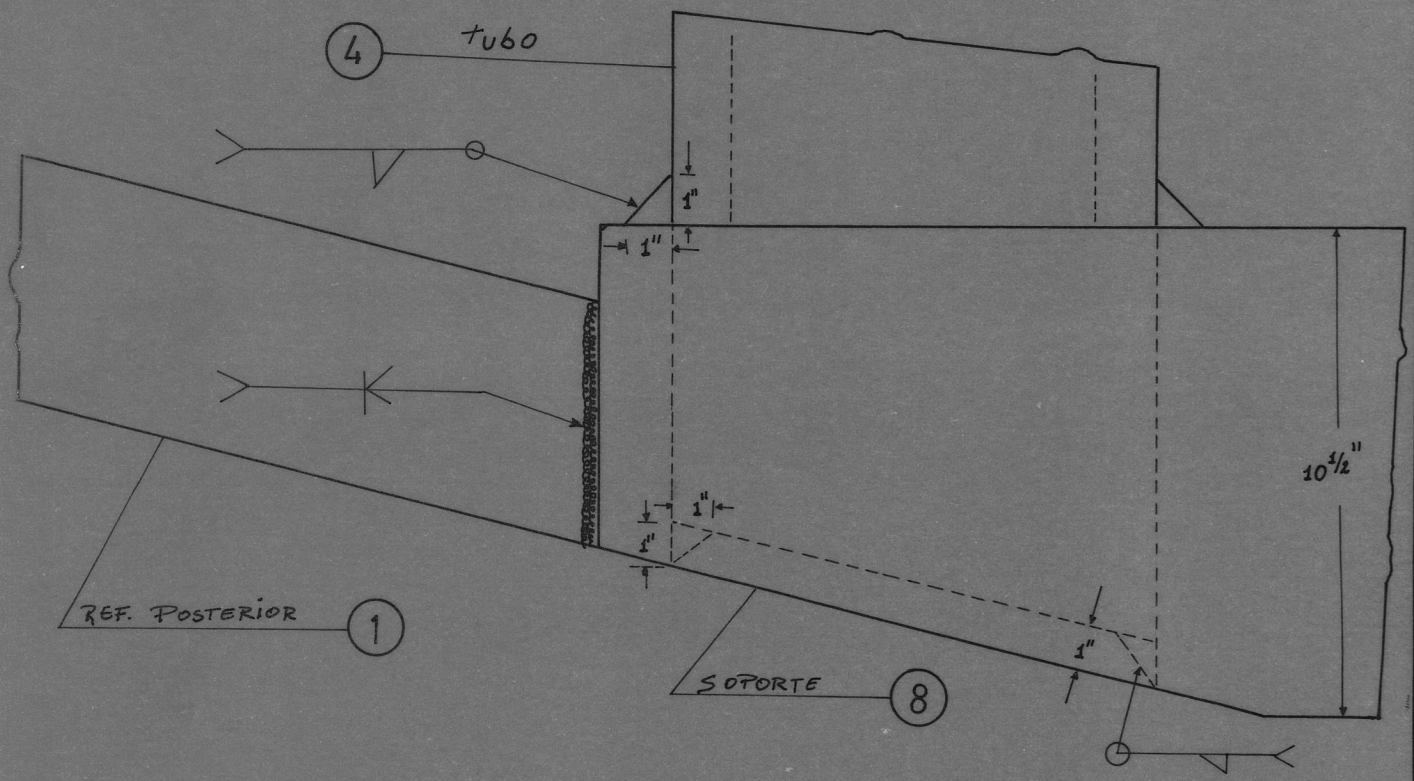
DETALLE .G.	
NOMBRE: UNIÓN TUBO - ESCUADRA.	
DISEÑO: JOSÉ. ARIZAGA.	REVISADO: OMAR. SERRANO
DIBUJO: JOSÉ. ARIZAGA.	APROBADO: OMAR- SERRANO
ESCALA: 1/2": 1	FECHA: FEBRERO /90

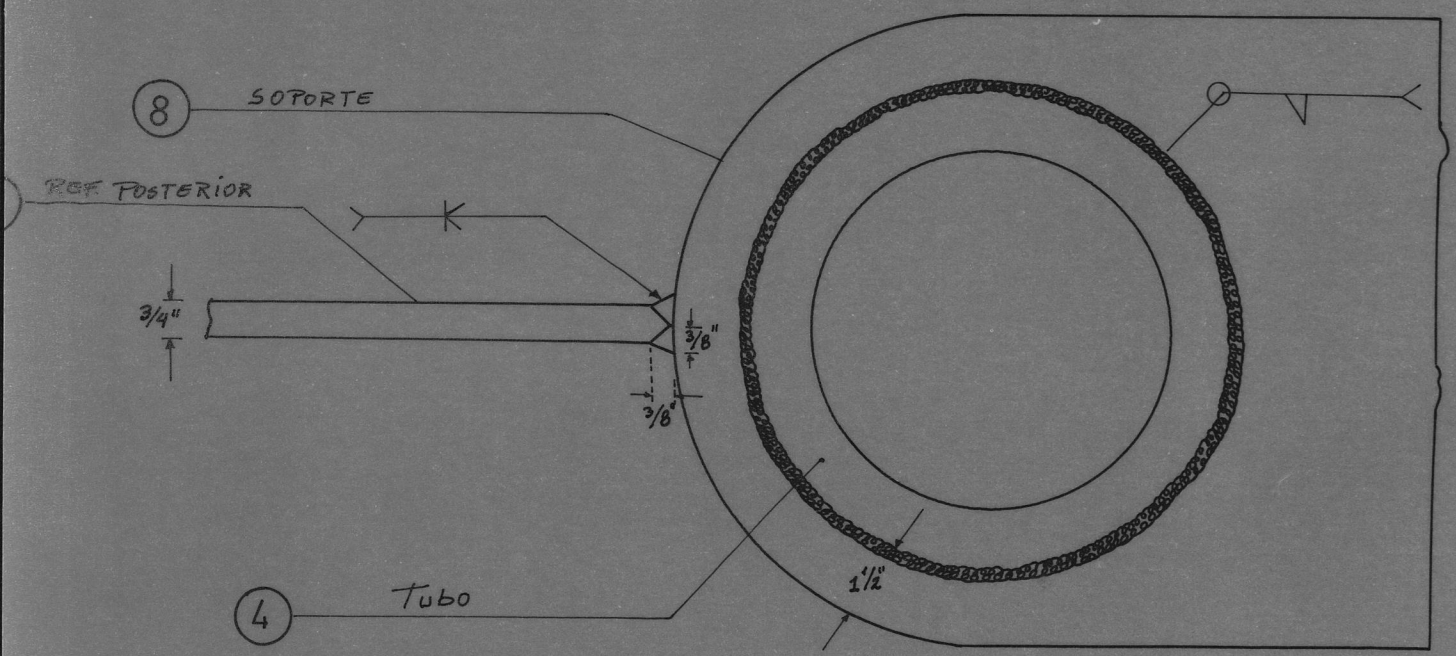
OBSERVACIONES:

ELECTRODO AWS E-6011 PASE DE RAIZ Y AWS E-7018

INSPECCIÓN POR. P.M. ENTRE PASADAS. Y U.T. AL FINAL

PRECALENTAR A 65°c.





DETALLE. H.

NOMBRE: UNIÓN R. POSTERIOR - SOPORTE

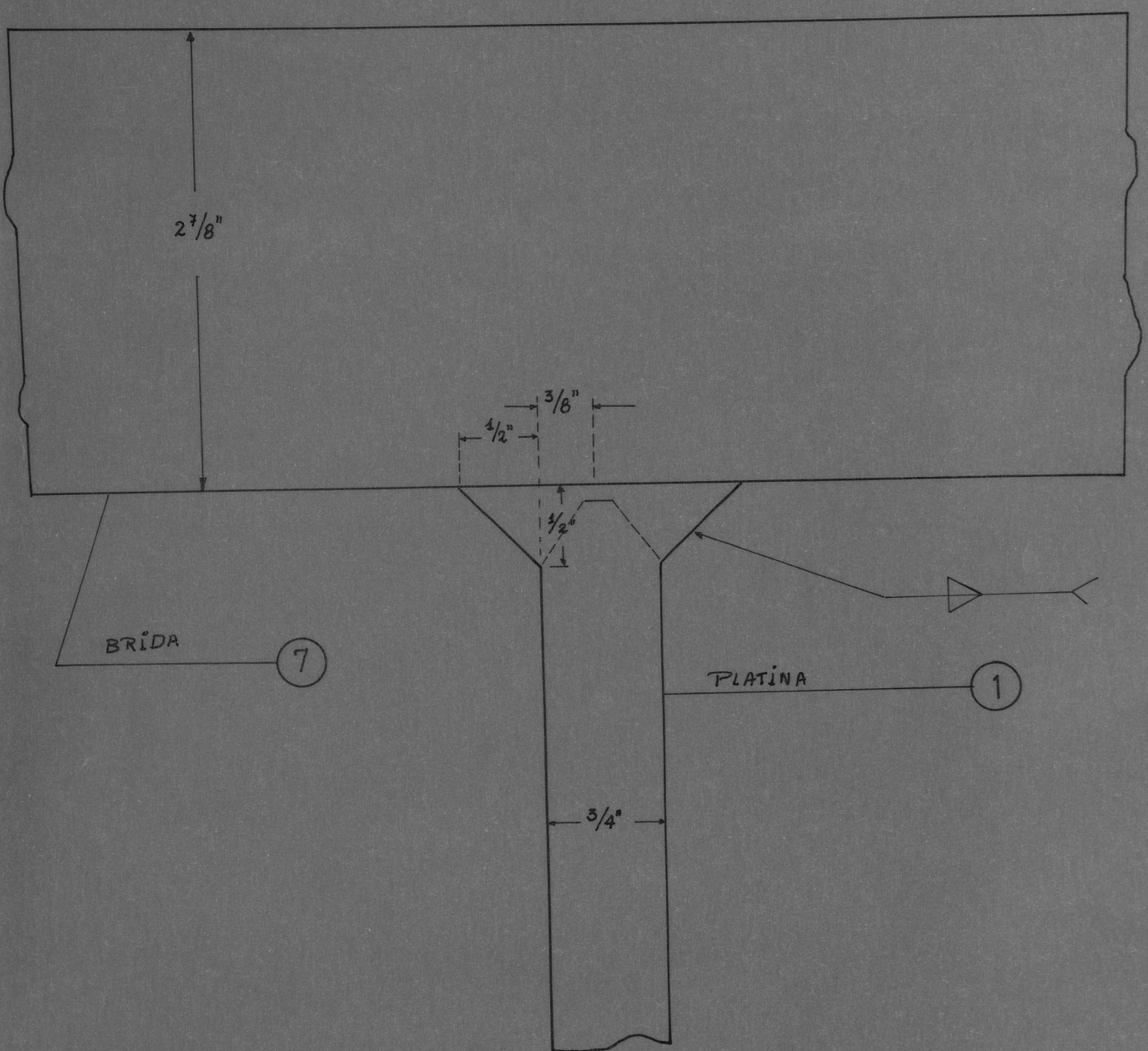
DISEÑO: JOSE. ARIZAGA.	REVISADO: OMAR. SERRANO
DIBUJO: JOSE. ARIZAGA	APROBADO: OMAR. SERRANO
ESCALA: 1/4": 1"	FECHA: FEBRERO/90

OBSERVACIONES:

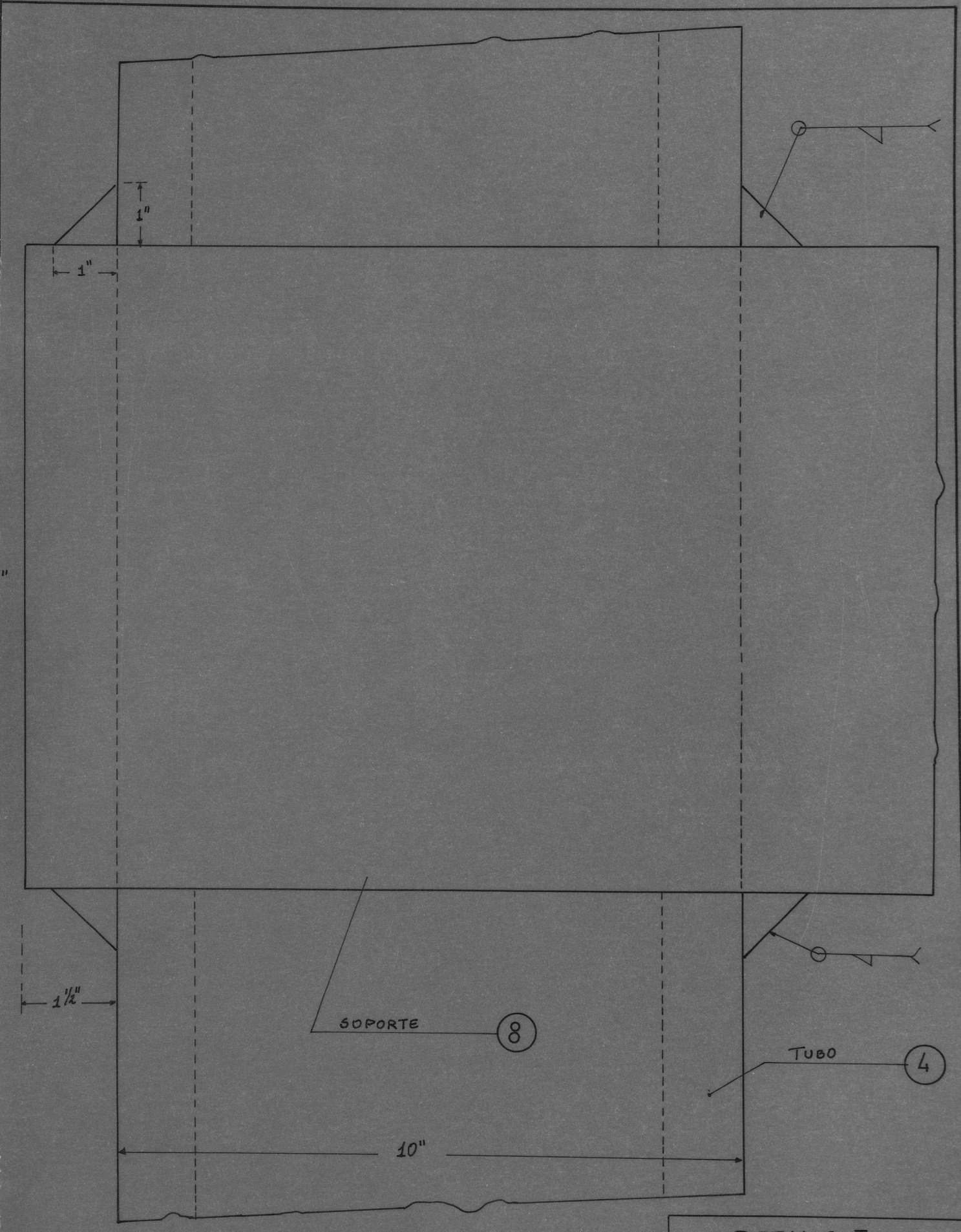
ELECTRODO AWS E-6011 PASE de RAIZ y AWS E-7018

INSPECCIÓN POR P.M. ENTRE PASADAS Y U.T. AL FINAL.

PRECALENTAR A 65°C.



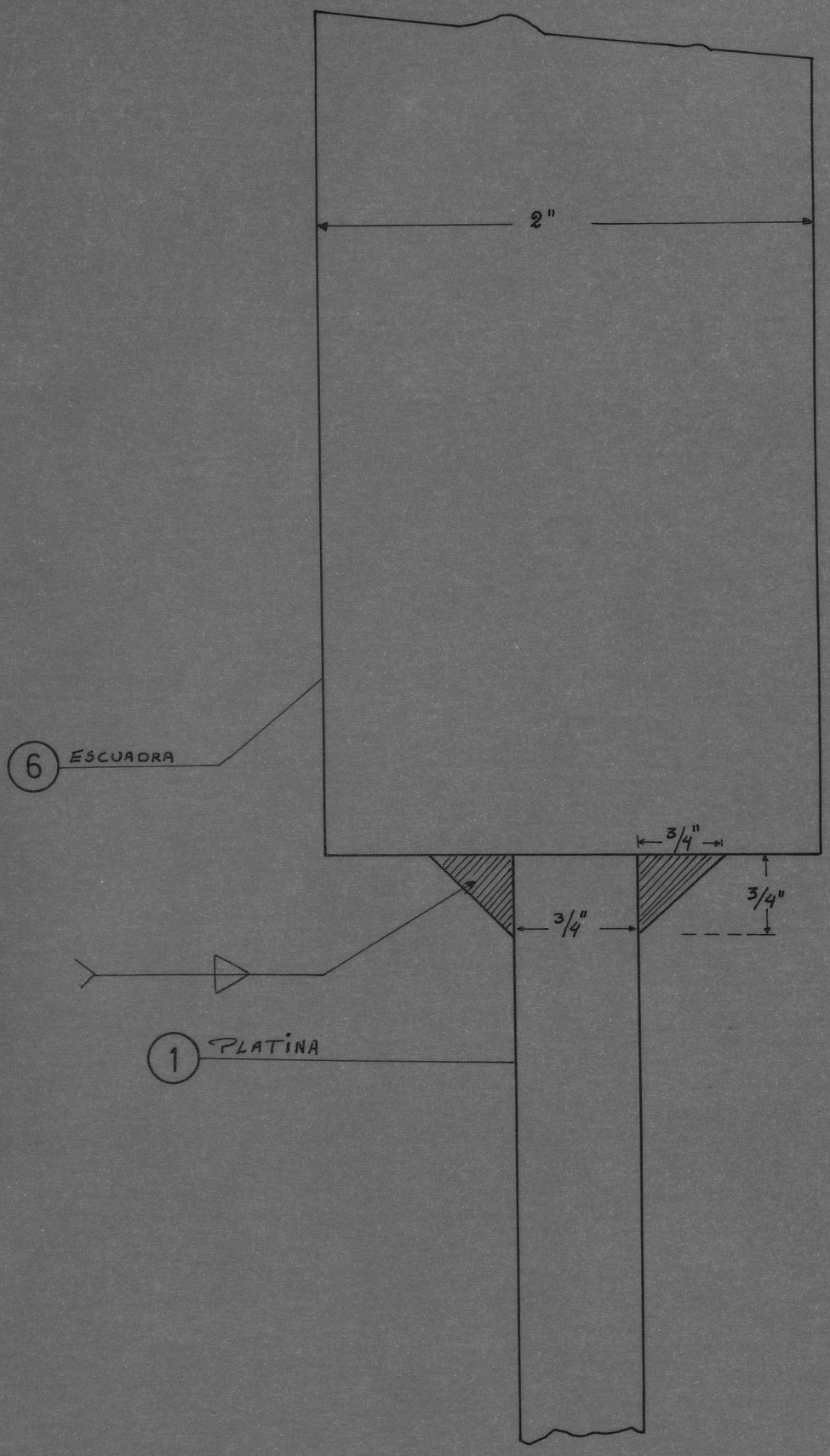
	DETALLE . I .	
	NOMBRE: UNIÓN BRIDA - REF. POSTERIOR	
OBSERVACIONES: ELECTRODO AWS E-6011 PASE de RAIZ Y AWS E-7018	DISEÑO: JOSE. ADIZAGA	REVISADO: OMAR- SERRANO
INSPECCIÓN CON U.T.	DIBUJO: JOSE. ADIZAGA	APROBADO: OMAR SERRANO
PRECALENTAR A 120°C	ESCALA: 1": 1"	FECHA: FEBRERO /90



DETALLE. J.

NOMBRE: UNIÓN TUBO-SOPORTE.

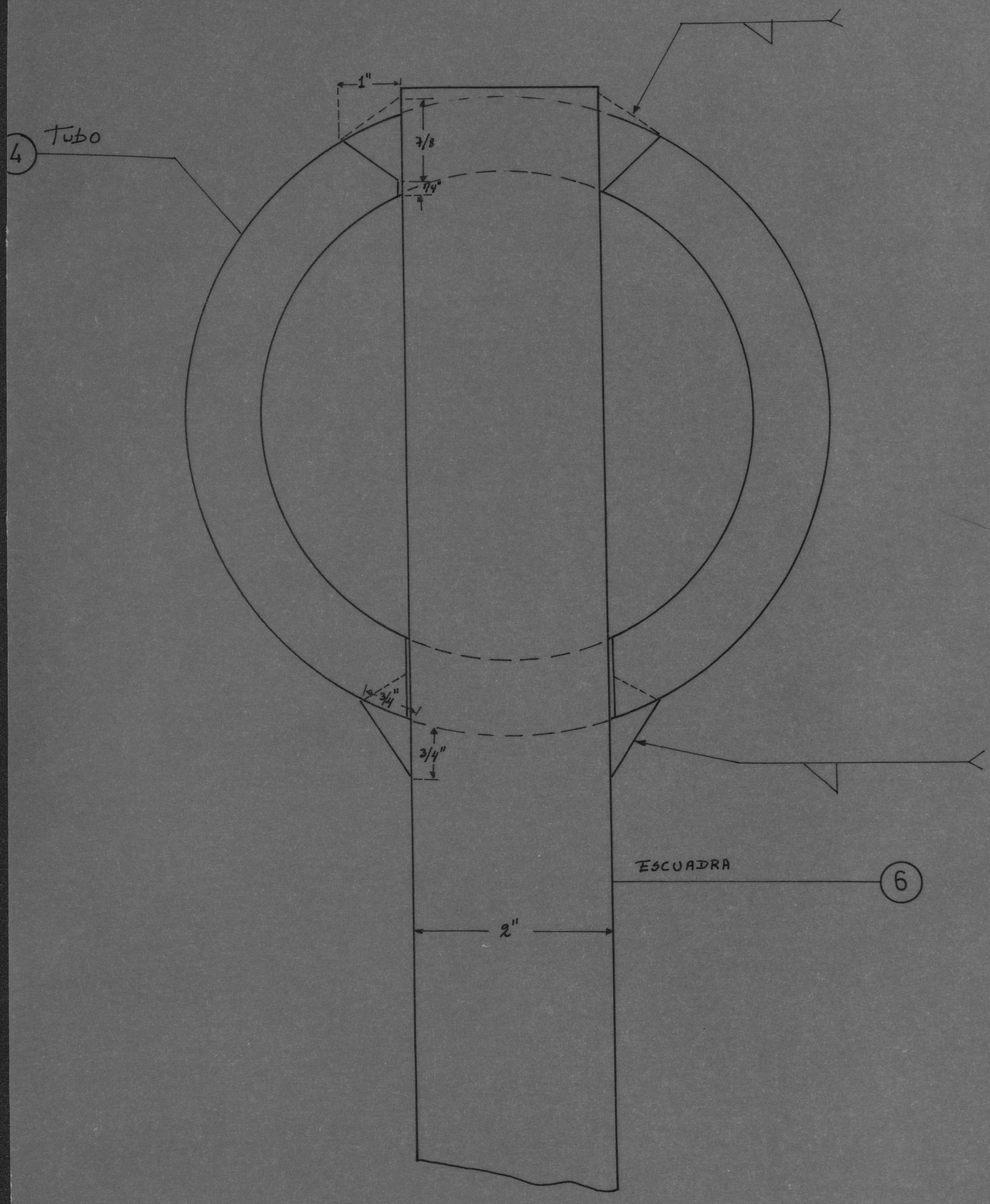
OBSERVACIONES: ELECTRODO AWS E-7018	DISEÑO: JOSE. ARIZAGA	REVISADO: OHAR SERRANO
INSPECCIÓN POR P.M.	DIBUJO: JOSE. ARIZAGA	APROBADO: OHAR SERRANO
PRECALENTAR A 65°C.	ESCALA: ½" : 1"	FECHA: FEBRERO/90



DETALLE . K.

NOMBRE:
UNIÓN ESCUADRA - REF. POSTERIOR .

OBSERVACIONES: ELECTRODO AWS E-7018	DISEÑO: JOSE. ARIZAGA	REVISADO: OMAR SERRANO
INSPECCIÓN POR P.M.	DIBUJO: JOSE. ARIZAGA	APROBADO: OMAR SERRANO
PRECALENTAR A 65°C	ESCALA: 1" : 1"	FECHA: FEBRERO/90



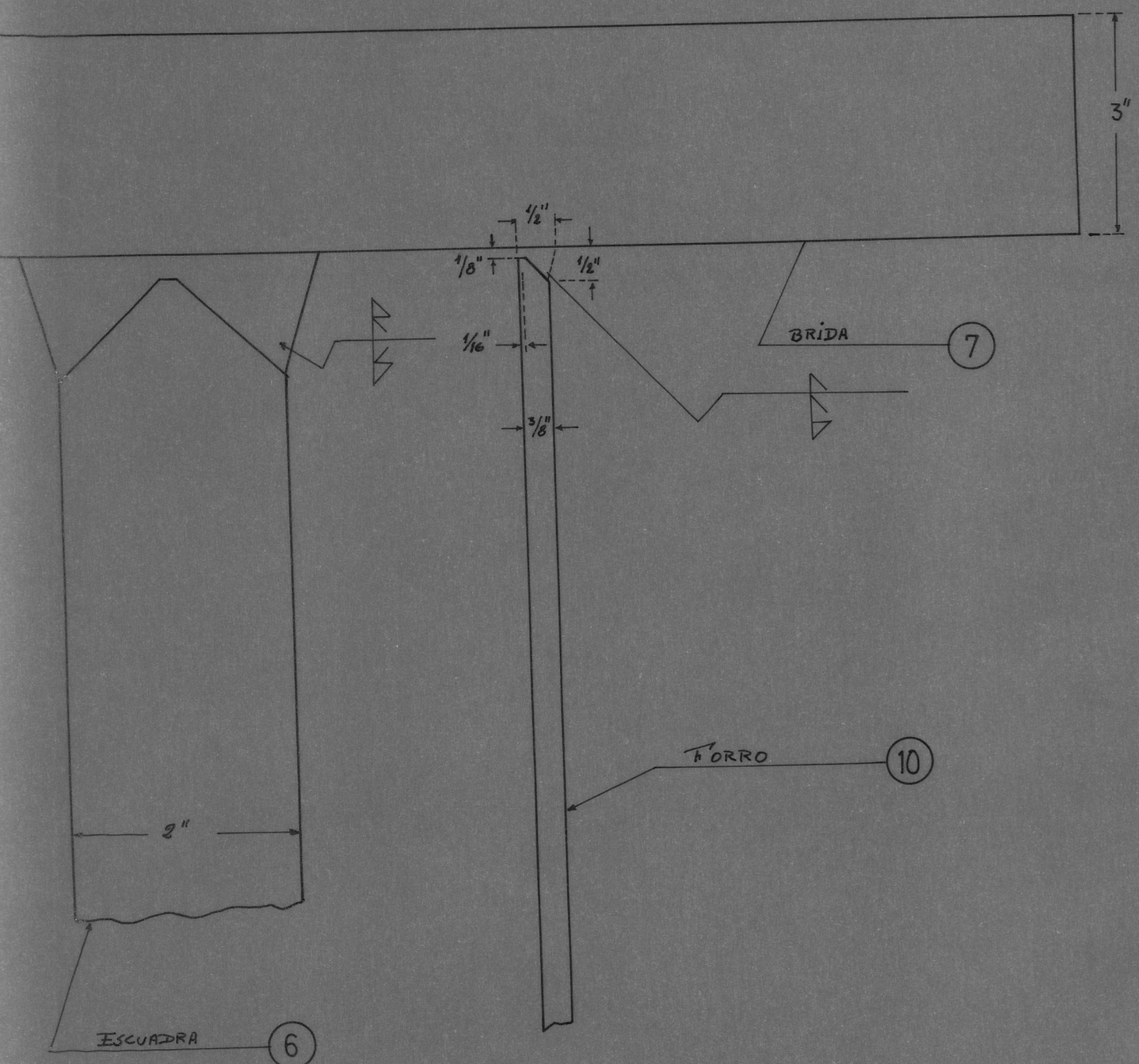
DETALLE . L .	
NOMBRE: UNIÓN TUBO - ESCUADRA.	
DISEÑO: JOSÉ ARIZAGA	REVISADO: OMAR SERRANO
DIBUJO: JOSÉ ARIZAGA	APROBADO: OMAR SERRANO
ESCALA: 1": ½"	FECHA: FEBRERO/90

OBSERVACIONES:

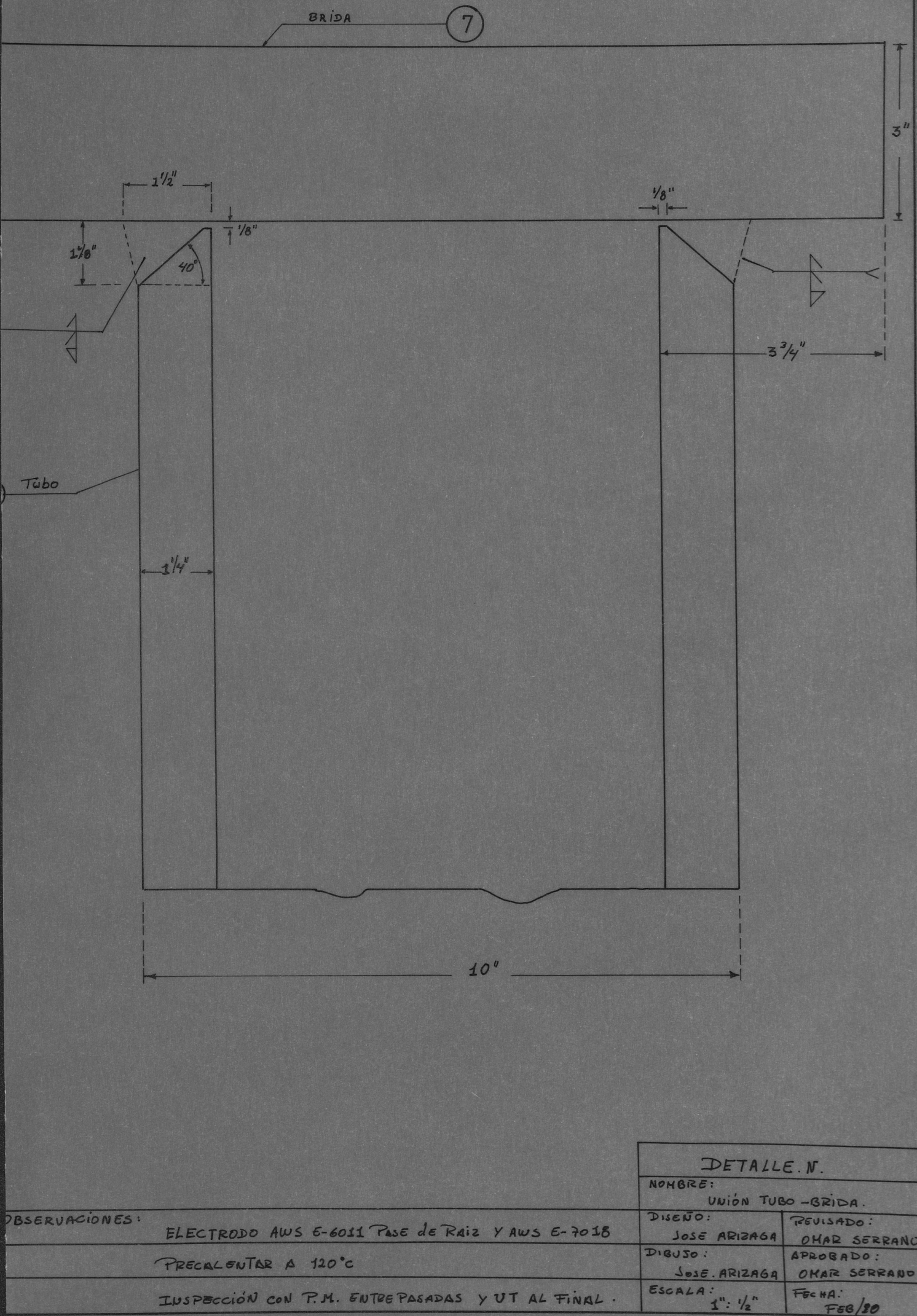
ELECTRODO AWS E-6011 PASE DE RAÍZ Y AWS E-7018

PRECALENTAR A 65°C

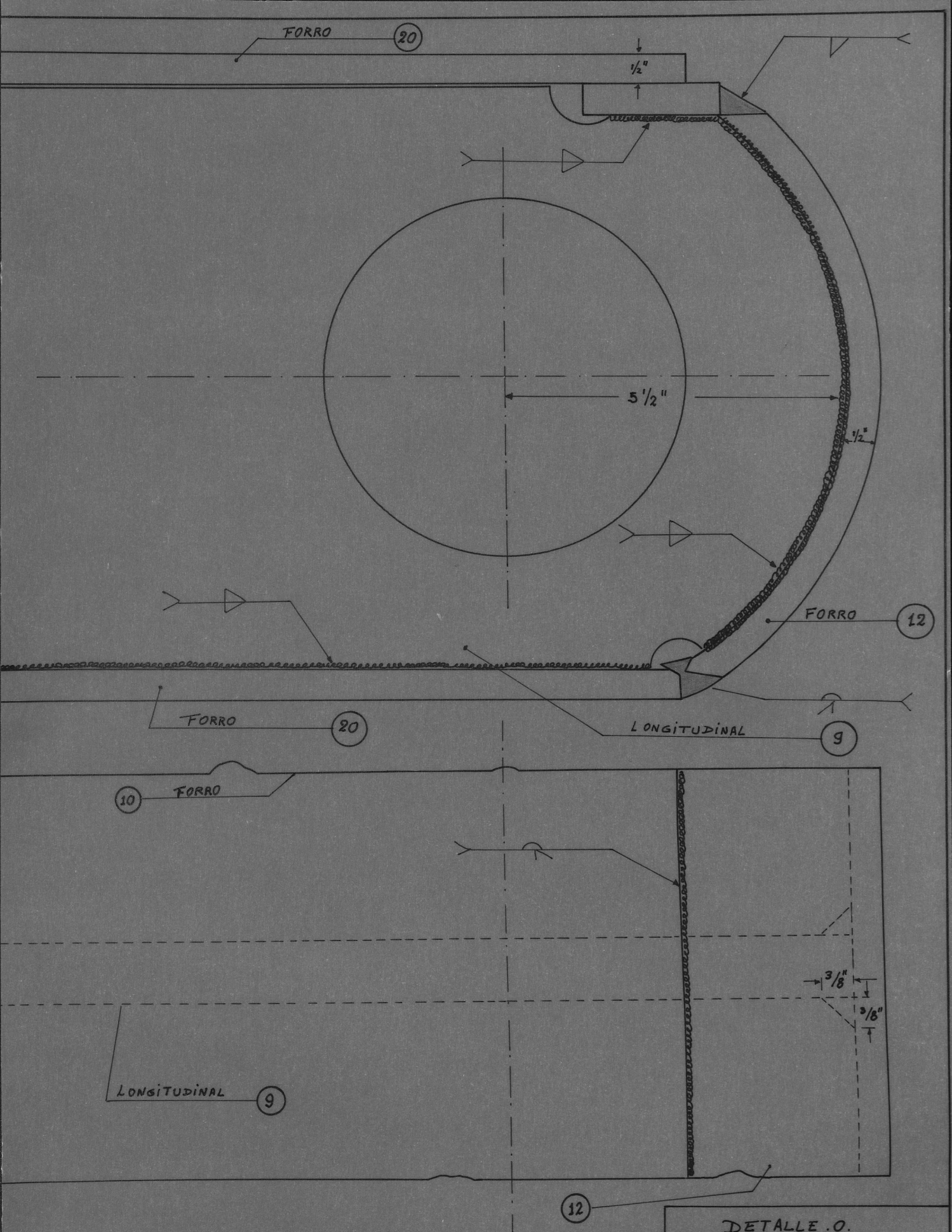
INSPECCIÓN CON P.M. ENTRE PASADAS.



	DETALLE. M.	
	NOMBRE: UNIÓN FORRO - BRIDA.	
OBSERVACIONES: ELECTRODO AWS E-7018	DISEÑO: JOSE. ARIZAGA	REVISADO: OMAR SERRANO
PRECALENTAR A 65°c	DIBUJO: JOSE. ARIZAGA	APROBADO: OMAR SERRANO
INSPECCIÓN CON P.M.	ESCALA: 1/2": 1"	FECHA: FEBRERO/90



	DETALLE. N.	
	NOMBRE: UNIÓN TUBO – BRIDA.	
OBSERVACIONES: ELECTRODO AWS E-6011 Pase de Raiz Y AWS E-7018	DISEÑO: JOSE ARIZAGA	REVISADO: OMAR SERRANO
PRECALENTAR A 120°C	DIBUJO: JOSE. ARIZAGA	APROBADO: OMAR SERRANO
INSPECCIÓN CON P.M. ENTREPASADAS Y UT AL FINAL.	ESCALA: 1": 1/2"	FECHA: FEB/80



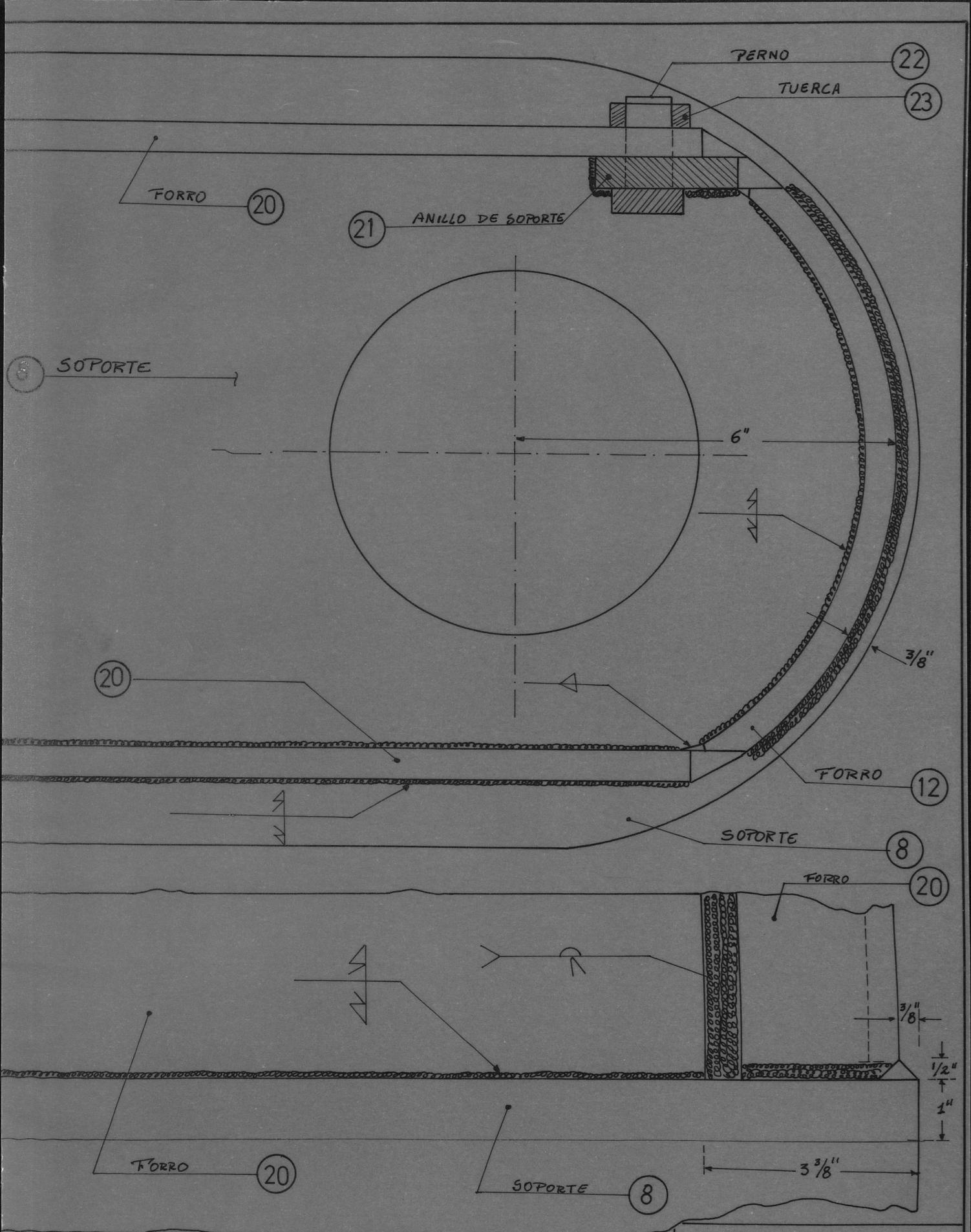
DETALLE .O.

NOMBRE:
UNIÓN LONGITUD - FORRO FRONTAL

OBSERVACIONES:
ELECTRODO AWS E-7018

INSPECCIÓN CON P.M. ENTRE PASADAS Y UT AL FINAL

DISEÑO: JOSE ARIZAGA	REVISADO: OMAR SERRANO
DIBUJO: JOSE ARIZAGA	APROBADO: OMAR SERRANO
ESCALA: 1/2": 1"	FECHA: FEBRERO/90



DETALLE P.

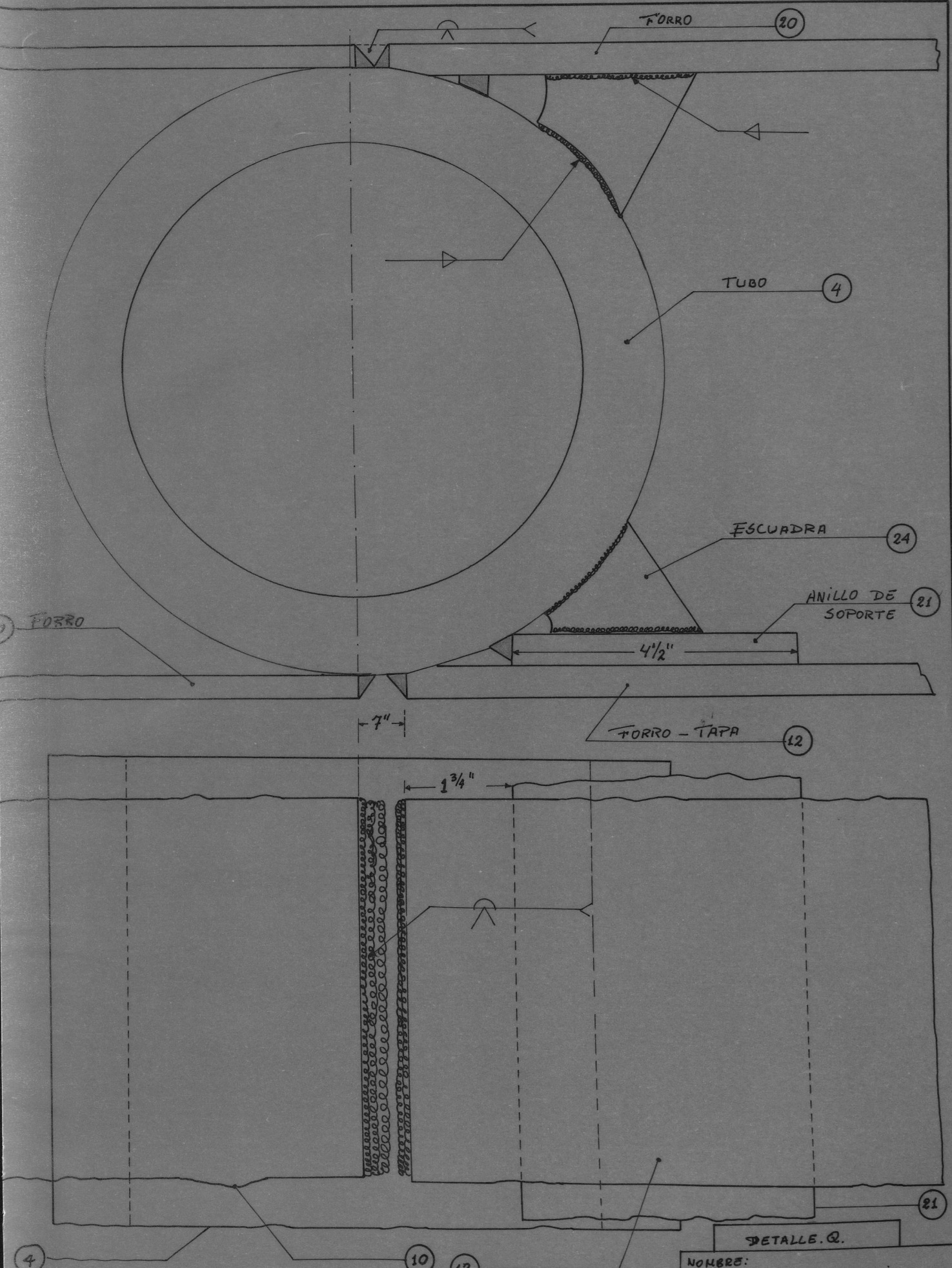
NOMBRE: UNIÓN SOPORTE-FORRO FRONTAL

OBSERVACIONES:

ELECTRODO AWS E-7018

INSPECCIÓN CON P.M.

DISEÑO: JOSE ARIZAGA	REVISADO: OMAR SERRANO
DIBUJO: JOSE ARIZAGA	APROBADO: OMAR SERRANO
ESCALA: 1/2": 1"	FECHA: FEBRERO/90



DETALLE. Q.

NOMBRE: UNIÓN TUBO - FORRO - ANILLO	
DISEÑO: JOSE ARIZAGA	REVISADO: OMAR SERRANO
DIBUJO: JOSE ARIZAGA	APROBADO: OMAR SERRANO
ESCALA: 1/2" : 1"	FECHA: FEBRERO/90

OBSERVACIONES:

ELECTRODO AWS E-7018

INSPECCIÓN CON P.M.

APENDICE "C"

B I B L I O G R A F I A

1.- American Bureau of Shipping (ABS). Reglas para la Construcción y Clasificación de Buques de Acero, 1972.

2.- D'ARCANGELO. Ship Desing and Construction.

3.- PREYSLER, Carlos. Teoría de Buques. España, Madrid, 1949.

4.- GIACHINO, Joseph. Práctica de la Soldadura.

5.- ASPIAZU, Benjamín. Técnicas de Inspección en Materiales y Procesos para la Construcción de Recipientes de Almacenamiento de Productos Límpios del Petróleo. Tésis, 1982.

6.- RUIZ MIJARES, A. Electroescoria. México, D.F., Julio, 1982.

7.- M. D'ARCANGELO, Amelio. Guía para Estructuras de Buques. Argentina, Buenos Aires, 1979.

8.- CHON LIANG TSAI. Computer-Aided Welding Engineering Desing and Analysis. Columbus, Ohio, 43210, 1987.

9.- Welding Handbook, Volume One, Seventh Edition.

10.- The Lincoln Electric Company. The Procedure Handbook of

Arc Welding. Décima segunda edición, 1973.

11.- Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR).

12.- American Welding Society (AWS). Estructural Welding Code-Stell. Décima edición, 1986.

13.- AGA. Folleto de Soldadura.

14.- American Bureau of Shipping (ABS). Manual Electrodes for Shielded Metal Arc Welding.

15.- The Lincoln Electric Company. Folleto de Fuentes de Poder.

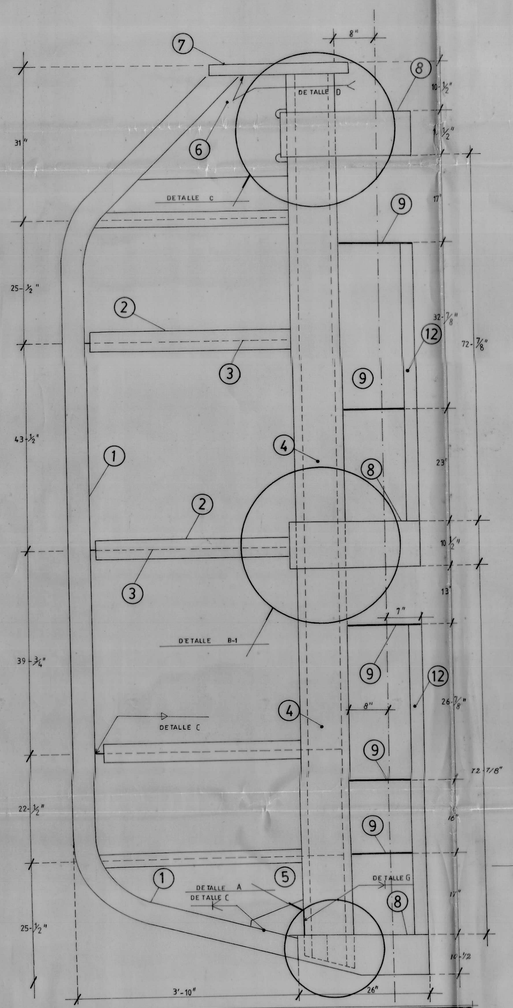
16.- American Society of Mechanical Engineers (ASME). Section V y VIII.

17.- ESPOL. Ensayos no Destructivos, 1986.

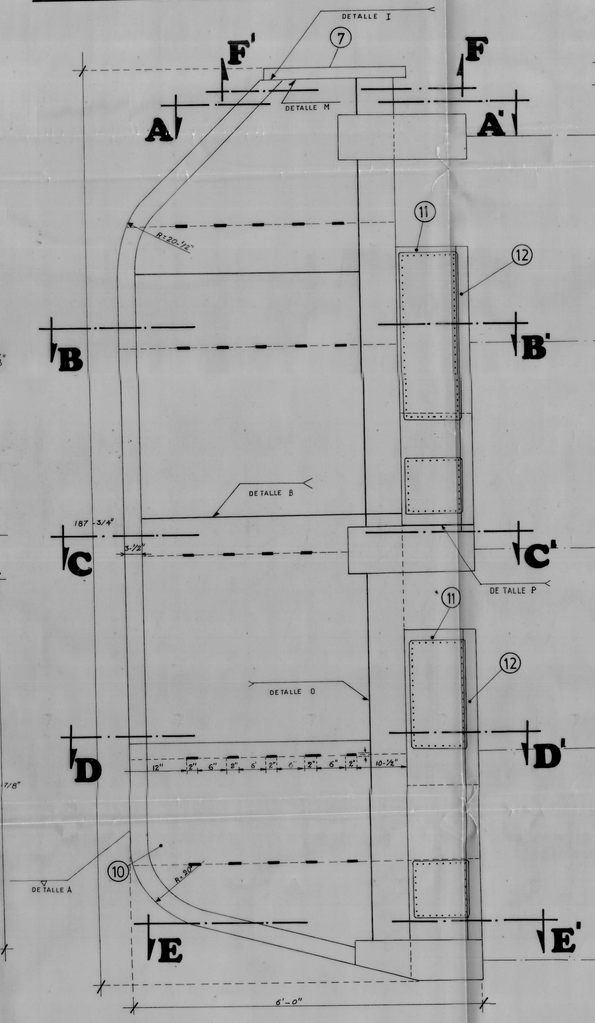
18.- PALACIOS JOHNSON, Enrique A. Inspección por Ultrasonidos de Uniones de Acero Estructural Soldadas en Angulo. Tésis de Grado, 1987.

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
JOSE A. ARIZAGA MONDRAGON
Matrícula Nº 0840181

VISTA DE PERFIL (ESTRUCTURALES)

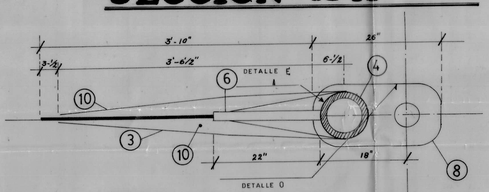


VISTA DE PERFIL (ESTRUCTURALES-FORRO)

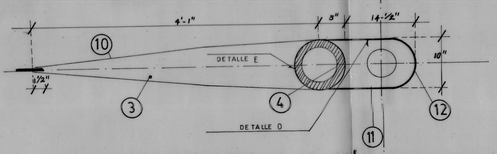


ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	CANT	OBSERV.
1	Refuerzo Posterior FB 5" x 3/4"	Acero Naval	20'	
2	Ala Soporte FB 4" x 1/2"	Acero Naval	20'	
3	Longitudinal FB 10" x 3/4"	Acero Naval	20'	Forma Hidrodinamica
4	Tubo ϕ Exterior 10" SCHD 160	Hierro Negro	200"	Sin Costura
5	Escuadra H 1"	Acero Naval	1 Pie²	
6	Escuadra H 2"	Acero Naval	1.5 Pie²	
7	Brida H 8"	Acero Naval	5.0 Pie²	De acuerdo a su plantilla
8	Soporte H 10 5/8" (26" x 15")	Acero Naval	3	Maquinado
9	Refuerzo H 1"	Acero Naval	12.50 Pie²	
10	Forro H 3/8"	Acero Naval	136.0 Pie²	

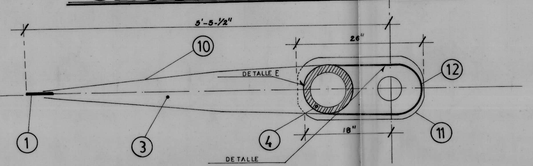
SECCION A-A'



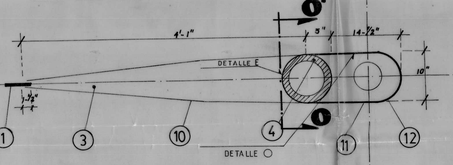
SECCION B-B'



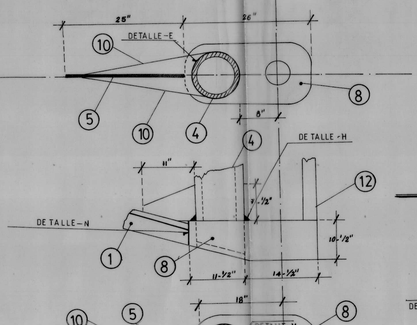
SECCION C-C'

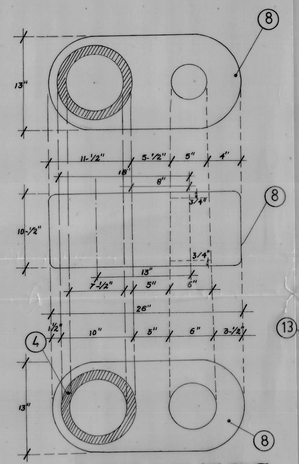


SECCION D-D'

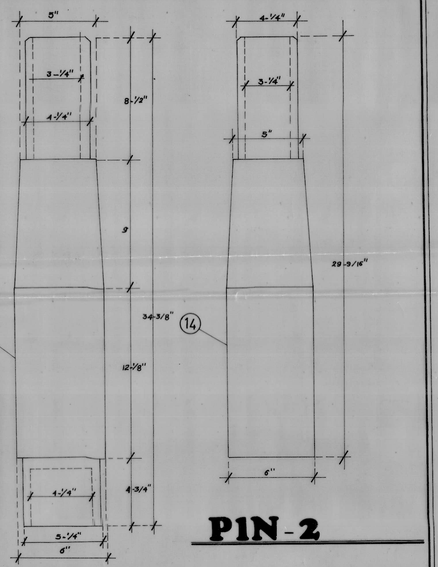


SECCION E-E'





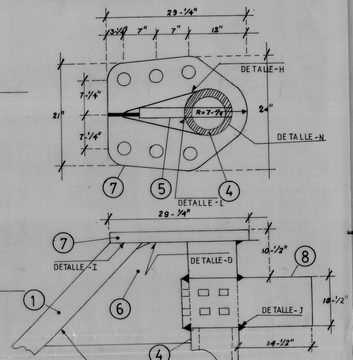
SOPORTES



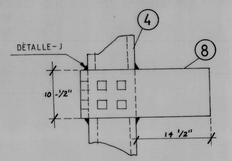
PIN-2

PIN-1

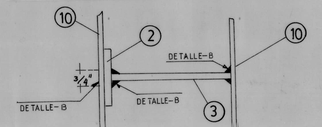
SECCION F-F'

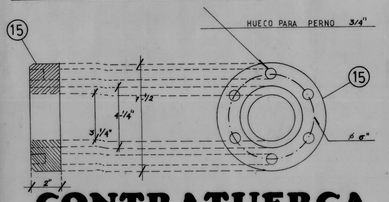


DETALLE-C

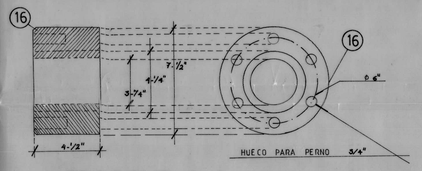


DETALLE B-1

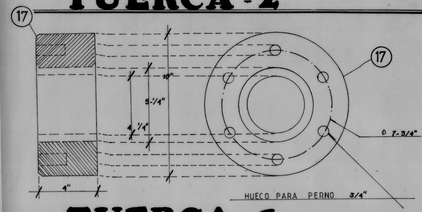




CONTRATUERCA



TUERCA-2



TUERCA-1