

T
623.8432
ROD

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA

"CLASIFICACION DE ELECTRODOS NACIONALES DE SOLDADURA USADOS EN
CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE BUQUES"

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO

PRESENTADA POR:

FABIAN RODRIGUEZ RIOFRIO

GUAYAQUIL - ECUADOR

1984

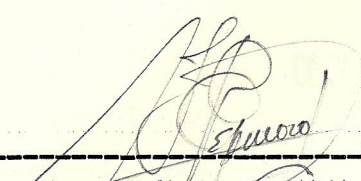
AGRADECIMIENTO

- A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.
- AL ING. OMAR SERRANO V., DIRECTOR DE TESIS, POR SU AYUDA Y COLABORACION PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

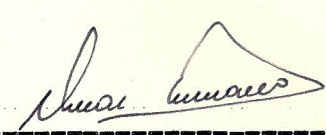
DEDICATORIA

A MIS PADRES

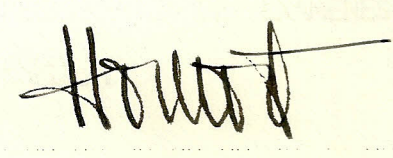
A MIS HERMANOS



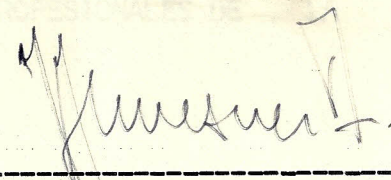
ING. MARCELO ESPINOZA LUNA
SUB-DECANO DE LA FACULTAD



ING. OMAR SERRANO V.
DIRECTOR DE TESIS



ING. HOMERO ORTIZ ARIZAGA
PROFESOR-MIEMBRO DEL TRIBUNAL

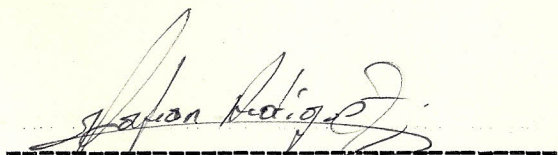


ING. IGNACIO WIESNER
PROFESOR-MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

"LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS, IDEAS Y DOCTRINAS EXPUESTOS EN ESTA TESIS, ME CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE; Y, EL PATRIMONIO INTELECTUAL DE LA MISMA, A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(REGLAMENTO DE EXAMENES Y TITULOS PROFESIONALES DE LA ESPOL).



FABIAN RODRIGUEZ RIOFRIO

R E S U M E N

En el presente trabajo se desarrollan ensayos de laboratorio tendientes a la clasificación de un grupo de electrodos de fabricación nacional, del tipo AWS: E-7018, E-6013 y E-6011, de acuerdo a las normas establecidas por la Sociedad Clasificadora de Buques - American Bureau of Shipping.

Adicionalmente se hace un estudio comparativo de las normas establecidas por las sociedades: Lloyd's Register of Shipping, Bureau Veritas y Det Norske Veritas, con el propósito de establecer sus similitudes y diferencias.

Los ensayos de laboratorio realizados para la clasificación de los electrodos son: ensayos de tensión e impacto en conjuntos de metal depositado soldados en posición plana. Ensayos de tensión, impacto y doblado en conjuntos soldados a tope en cada una de - las posiciones de soldadura recomendadas para el - electrodo, y finalmente ensayos de dureza y rotura

en conjuntos soldados en ángulo en las mismas posiciones ensayadas a tope. Adicionalmente se realiza un ensayo de determinación de hidrógeno para el electrodo E-7018 que es considerado como de bajo hidrógeno.

Los electrodos E-7018, E-6013 y E-6011, clasificaron de acuerdo al American Bureau of Shipping en los grados 3H, 2 y 2 respectivamente. Los resultados de este trabajo - se utilizan para estudiar la posibilidad de clasificar los electrodos con las otras Sociedades Clasificadoras.

INDICE GENERAL

	<u>PAG.</u>
RESUMEN -----	VI
INDICE GENERAL -----	VIII
INDICE DE FIGURAS -----	XI
INDICE DE TABLAS -----	XII
INTRODUCCION -----	15
 CAPITULO I	
GENERALIDADES -----	17
1.1. SOCIEDADES CLASIFICADORAS DE BUQUES-----	17
1.1.1. American Bureau of Shipping-----	22
1.1.2. Lloyd's Register of Shipping-----	23
1.1.3. Bureau Veritas -----	24
1.1.4. Det Norske Veritas -----	24
1.2. REQUERIMIENTOS PARA LA APROBACION DE MATERIA LES DE APORTACION EN SOLDADURA -----	25
1.3. COMPARACION DE LOS REQUERIMIENTOS PARA APRO- BACION DE ELECTRODOS DE SOLDADURA MANUAL AL ARCO ELECTRICO -----	58
1.3.1. Metal base -----	59

1.3.2. Metal depositado de soldadura -----	61
1.3.3. Soldadura a tope -----	69
1.3.4. Soldadura en ángulo -----	74
1.3.5. Electrodo para penetración profunda -----	75
1.3.6. Re-ensayos -----	77

CAPITULO II

TRABAJO EXPERIMENTAL -----	79
2.1. SELECCION DEL MATERIAL BASE Y DE APORTACION -----	79
2.2. CALIFICACION DEL SOLDADOR -----	83
2.3. PREPARACION DE CONJUNTOS DE PRUEBA -----	89
2.4. PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA -----	90
2.5. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS -----	95
2.6. ENSAYOS MECANICOS -----	96
2.6.1. Tracción -----	96
2.6.2. Impacto -----	98
2.6.3. Doblado -----	100
2.6.4. Dureza -----	101
2.6.5. Rotura y fisuración en caliente -----	101
2.7. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HIDROGENO-----	104
2.8. ANALISIS QUIMICO DEL METAL DEPOSITADO -----	110
2.9. RE-ENSAYOS -----	110

CAPITULO III

ANALISIS DE RESULTADOS -----	112
------------------------------	-----

3.1. ENSAYO RADIOGRAFICO-----	114
3.2. ENSAYOS MECANICOS -----	116
3.3. CONTENIDO DE HIDROGENO -----	137
3.4. ANALISIS QUIMICO -----	141
3.5. CLASIFICACION DE ELECTRODOS -----	143
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	151
APENDICE -----	153
BIBLIOGRAFIA -----	154

INDICE DE FIGURAS

<u>Nº</u>		<u>PAG.</u>
1	MODELO DE CLAUSULA DE CLASIFICACION-----	19
2	ESPECIMEN PARA ENSAYO DE TENSION EN METAL DE POSITADO -----	33
3	ESPECIMEN PARA ENSAYO DE IMPACTO -----	35
4	ESPECIMEN PARA ENSAYO DE TENSION EN SOLDADU- RA A TOPE -----	38
5	CONJUNTO DE PRUEBA PARA METAL DEPOSITADO----	43
6	CONJUNTO DE PRUEBA PARA SOLDADURA A TOPE----	46
7	CONJUNTO DE PRUEBA PARA SOLDADURA EN ANGULO-	50
8	LOCALIZACION DE LAS TOMAS DE DUREZA PARA SOL DADURA EN ANGULO -----	52
9	ESQUEMA DEL ENSAYO DE DOBLADO -----	102
10	ESQUEMA DE LA REALIZACION DEL ENSAYO DE RO TURA -----	105
11	APARATO COLECTOR DE HIDROGENO POR GLICERINA-	108
12	ESQUEMA PARA LA CORRECCION DEL VOLUMEN TOTAL DE HIDROGENO -----	139

INDICE DE TABLAS

<u>Nº</u>		<u>PAG</u>
I	SOCIEDADES CLASIFICADORAS DE BUQUES -----	20
II	REQUERIMIENTOS MECANICOS PARA LOS ELECTRODOS DE RESISTENCIA ORDINARIA SEGUN ABS-----	28
III	REQUERIMIENTOS MECANICOS PARA LOS ELECTRODOS - DE RESISTENCIA ELEVADA SEGUN ABS-----	29
IV	COMPOSICION QUIMICA DE LOS ACEROS DE RESISTEN <u>U</u> CIA ORDINARIA -----	63
V	COMPOSICION QUIMICA DE LOS ACEROS DE RESISTEN <u>U</u> CIA ELEVADA -----	64
VI	PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ACEROS DE RESIS <u>U</u> TENCIA ORDINARIA -----	65
VII	PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ACEROS DE RESIS <u>U</u> TENCIA ELEVADA -----	66
VIII	COMPARACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE LOS ENSA <u>U</u> YOS DE TENSION EN METAL DEPOSITADO-----	67
IX	COMPARACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE LOS ENSA <u>U</u> YOS DE IMPACTO EN METAL DEPOSITADO-----	68
X	COMPARACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE LOS ENSA <u>U</u> YOS DE TENSION EN SOLDADURA A TOPE-----	71

<u>Nº</u>		<u>PAG</u>
XI	COMPARACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE LOS ENSAYOS DE IMPACTO EN SOLDADURA A TOPE VERTICAL -----	73
XII	ELECTRODOS PARA SOLDADURA MANUAL AL ARCO ELECTRICO DE FABRICACIÓN NACIONAL-----	80
XIII	CARACTERISTICAS DEL METAL BASE SELECCIONA DO PARA LA PREPARACION DE LOS CONJUNTOS - DE PRUEBA -----	84
XIV	PARAMETROS DE SOLDEO UTILIZADOS PARA LA PREPARACION DE LOS CONJUNTOS DE PRUEBA - SOLDADOS CON ELECTRODOS E-7018-----	92
XV	PARAMETROS DE SOLDEO UTILIZADOS PARA LA PREPARACION DE LOS CONJUNTOS DE PRUEBA - SOLDADOS CON ELECTRODOS E-6013-----	93
XVI	PARAMETROS DE SOLDEO UTILIZADOS PARA LA PREPARACION DE LOS CONJUNTOS DE PRUEBA SOLDADOS CON ELECTRODOS E-6011-----	94
XVII	RESUMEN DE LOS ENSAYOS EFECTUADOS PARA LA CLASIFICACION DE LOS ELECTRODOS: E-7018, E-6013 y E-6011 -----	113
XVIII	RESULTADOS DEL ENSAYO RADIOGRAFICO DE LOS CONJUNTOS DE PRUEBA SOLDADOS CON ELECTRO- DOS:E-7018, E-6013 y E-6011 -----	117

XIV

<u>Nº</u>		<u>PAG</u>
XIX	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TENSION EN LOS CONJUNTOS DE METAL DEPOSITADO -----	119
XX	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TENSION EN LOS CONJUNTOS SOLDADOS A TOPE -----	120
XXI	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE IMPACTO DE LOS CONJUNTOS SOLDADOS CON ELECTRODOS E-7018--	124
XXII	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE IMPACTO DE LOS CONJUNTOS SOLDADOS CON ELECTRODOS E-6013---	125
XXIII	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE IMPACTO DE LOS CONJUNTOS SOLDADOS CON ELECTRODOS E-6011	126
XXIV	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DOBLADO DE LOS CONJUNTOS SOLDADOS CON ELECTRODOS: E-7018 , E-6013 y E-6011. -----	132
XXV	RESULTADOS DEL ENSAYO DE DUREZA EN LOS CON- JUNTOS SOLDADOS EN ANGULO CON ELECTRODOS : E-7018, E-6013 y E-6011 -----	134
XXVI	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ROTURA DE LOS CONJUNTOS SOLDADOS CON ELECTRODOS: E-7018 , E-6013 y E-6011. -----	136
XXVII	ANALISIS QUIMICO DEL METAL DEPOSITADO POR LOS ELECTRODOS: E-7018, E-6013 y E-6011, SU MINISTRADO POR EL FABRICANTE -----	142

INTRODUCCION

La unión de elementos estructurales mediante el proceso de soldadura manual al arco es un campo íntimamente ligado a la industria de la construcción y reparación de buques, por lo que el control de los materiales de aporte usados en la realización de uniones soldadas es muy importante para garantizar la calidad de las mismas. Este control es realizado por las Sociedades Clasificadoras de buques y consiste en someter a los materiales de aportación de soldadura a un proceso de clasificación, que involucra una serie de ensayos de laboratorio. Para realizar este proceso, las sociedades mantienen en sus publicaciones las normas para la aprobación de los materiales de aportación en soldadura, en donde se describen los ensayos y requerimientos que deben cumplir los electrodos para poder clasificar con las Sociedades. Primeramente se realizan ensayos de tensión a fin de determinar el grupo a que pertenece el electrodo. Se reconocen dos grupos de electrodos: de resistencia ordinaria y de resistencia elevada. Seguidamente se realizan ensayos de impacto con el objeto de determinar el grado del electrodo.

Se reconocen tres grados: 1, 2 y 3. El orden ascendente de estos grados está en correspondencia con una mejora en las propiedades al impacto de los depósitos de soldadura.

La clasificación viene dada finalmente por el grupo y el grado en que se ubique el electrodo, - siempre que también se cumpla con los requerimientos establecidos para ensayos de doblado, dureza , rotura e hidrógeno, este último para electrodos de resistencia elevada y bajo hidrógeno.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. SOCIEDADES CLASIFICADORAS DE BUQUES

La industria de la construcción y operación de buques pertenece a un campo económico y tecnológico muy importante.

El seguro marino es un campo muy especializado - que busca a las Sociedades Clasificadoras por información técnica a fin de estimar la solidez y buen estado de las embarcaciones a ser aseguradas. Por lo tanto la función actual de una Sociedad - Clasificadora es supervisar todos los elementos del diseño del buque y operación: materiales usados en la construcción, tamaño y distribución de todos - los miembros que comprenden la estructura, calidad de todos los equipos, etc. (Ref. 1).

Por otra parte, en el caso de transporte de mercancía a ser asegurada, las Compañías Aseguradoras

necesitan conocer si el buque mantiene al día su clasificación, lo cual significaría que el buque se encuentra en condiciones técnicas aceptables y - con mínimas posibilidades de siniestro; incluso en sus pólizas de seguro, las Compañías aseguradoras añaden una cláusula de clasificación. Un modelo de esta cláusula se presenta en la figura N° 1.

En el año de 1760, se fundó en Londres la primera Sociedad de Clasificación con el nombre de Lloyd's Register of Shipping, como una entidad completamente independiente de los Aseguradores Marítímos y cuyas funciones eran las de vigilar la construcción de los buques en forma completa (incluyendo maquinaria y equipos), debiendo además aprobar los elementos esenciales del casco y maquinaria antes de empezar su construcción. Posteriormente en otros países donde la industria naval se fue desarrollando, se fueron creando otras Sociedades en el orden descrito en la Tabla I.

Con el propósito de uniformizar en la mejor forma posible la aplicación de los standards de resistencia, se creó la IACS (International Association of Clasification Societies). Esta organización fue fun

SEGURO DE TRANSPORTES

CLAUSULA DE CLASIFICACION

Para anexarse a la Póliza de Seguros de Transportes No.

Las primas de tránsito marítimo convenidas para este seguro son aplicables solamente a cargas y/o intereses transportados por buques con propulsión mecánica propia construidos en acero, clasificados como abajo mencionado por una de las sociedades de clasificación siguiente:

MAXIMA COTA

Lloyd's Register.....	100 A 1 o B. S.	)	
American Bureau of Shipping	+ A 1	)	
Bureau Veritas.....	1 3/3 E	)	
Germanischer Lloyd	+ 100 A 4	)	Categoría sin
Nippon Kaiji Kyokai.....	NS*	)	modificación
Norske Veritas.....	+ 1 A 1	)	alguna
Registro Italiano.....	*100 A 1, 1, Nav. L.)	)	
Register of Shipping of the U.S.S.R.....	*P 1/2 C, o KM	)	
Polish Register of Shipping.....	*KM	)	

A CONDICION QUE TALES BUQUES TENGAN:

- (i) no más de 15 años de antigüedad, o
- (ii) más de 15 de antigüedad pero no más de 25 años de antigüedad y hayan establecido y mantenido un servicio comercial regular con un horario anunciado para cargar y descargar en puertos especificados.

BUQUES FLETADOS Y TAMBIEN BUQUES CON MENOS DE 1.000 TONELADAS BRUTAS CON PROPULSION MECANICA PROPIA Y CONSTRUIDOS DE ACERO DEBEN SER CLASIFICADOS COMO ARRIBA Y NO DEBEN TENER MAS DE 15 AÑOS DE ANTIGUEDAD.

LAS EXIGENCIAS DE LA CLAUSULA DE CLASIFICACION DEL INSTITUTO NO SON APLICABLES A NINGUNA EMBARCACION, BALSA O BARCAZA USADA PARA CARGAR O DESCARGAR EL BUQUE MIENTRAS QUE SE ENCUENTREN EN EL AREA DEL PUERTO.

CARGAS Y/O INTERESES TRANSPORTADOS POR BUQUES CON PROPULSION MECANICA PROPIA NO COMPRENDIDOS EN LAS ESTIPULACIONES ARRIBA MENCIONADAS SON MANTENIDOS CUBIERTOS SUJETO A PRIMAS Y CONDICIONES A CONVENIR.

Expedida en.....el.....de.....de 19.....

El Asegurado,

La Compañía,

o en

.....
Firmas Autorizadas

FIGURA N° 1.

Cláusula de clasificación establecida por las Compañías Aseguradoras para transporte marítimo en los buques clasificados por las Sociedades Miembros del IACS. (Ref. 2).

SOCIEDADES CLASIFICADORAS DE BUQUES (REF. 2)

Sociedad	Iniciales	Año de fundación	País
Lloyd's Register of Shipping	LR	1760	Reino Unido
Bureau Veritas	BV	1828	Francia
Registro Italiano Navale	RINA	1861	Italia
American Bureau of Shipping	ABS	1862	U. S. A.
Det Norske Veritas	NV	1864	Noruega
Germanischer Lloyd	GL	1867	Alemania Occidental
Nippon Kaiji Kyokai	NK	1899	Japón
Register of Shipping of the USSR	SR	1914	Rusia
Polish Register of Shipping	PRS	1936	Polonia
Register of Shipping of People's Republic of China	ZC	1956	China Popular
Korean Register of Shipping	KR	1960	Corea
DDR Schiffs-Revision und -Klassifikation	DSRK	-----	Alemania Democrática
Yugoslav Register of Shipping	JR	-----	Yugoeslavia
China Corporation Register of Shipping		1951	Taiwan
Hellenic Register of Shipping	HR	-----	Grecia
Indian Register of Shipping	IR	-----	India
Biro Klasifikasi Indonesia	BKI	-----	Indonesia
Czechoslovak Register of Shipping	CLR	-----	Checoslovaquia
Bulgarian Register of Shipping	BKR	-----	Bulgaria
Romanian Register of Shipping	RNR	-----	Rumania

dada en 1968, bajo la autorización de los gobiernos de algunos países a los cuales las Sociedades asesoran en este sentido. Las Sociedades que forman el IACS son: LR, BV, RINA, ABS, NV, GL, NK, SR, PRS; además, KR, JR y -DSRK han sido nombradas como asociadas. Para objetos de la cláusula de clasificación las Compañías Aseguradoras reconocen para el transporte marítimo de mercancias aseguradas, a los buques cuyo registro se encuentra bajo las Sociedades miembros del IACS.(Ref. 2).

Las Sociedades American Bureau of Shipping y Lloyd's Register of Shipping, realizan la mayoría de los trabajos de clasificación en el mundo. La mayoría de los países tienen sociedades las cuales son esencialmente nacionales, estas sociedades realizan una gran parte de la clasificación en sus propias áreas. En América Latina las Sociedades Clasificadoras con las que trabajan principalmente los astilleros navales son: A.B.S , L.R, B.V, N.V, y G.L (Ref.3). De los buques ecuatorianos de más de 500 toneladas, aproximadamente el 90% tienen clasificación con American Bureau of Shipping.

Una de las funciones específicas de las Sociedades - Clasificadoras es la que se refiere al control de

los materiales de aportación para uso en soldadura manual al arco eléctrico. Para esto cada una de las sociedades mantiene en sus publicaciones anuales las normas de los "Requerimientos para la Aprobación de Materiales de Aportación, "donde se describe detalladamente cada uno de los ensayos y requerimientos que deben cumplir los electrodos para poder clasificar con la sociedad.

La American Bureau of Shipping es sin lugar a dudas la sociedad que tiene mayor importancia en nuestro medio, por lo que se intentará desarrollar los ensayos necesarios para clasificar los electrodos de acuerdo a estas normas, y adicionalmente realizar un estudio comparativo de las sociedades: Lloyd's Register of Shipping, Bureau Veritas y Det Norske Veritas a fin de establecer sus similitudes y diferencias.

1.1.1. American Bureau of Shipping

A.B.S., fue fundada en 1862; su oficina matriz se halla en New York. El principal propósito de A. B.S. es el establecimiento de normas para la construcción de embarcaciones y mantenimiento de clase. Para realizar estas funciones la

Sociedad edita varias publicaciones en las que se dan detalles de la organización y ejecución de estas funciones. Una de las publicaciones donde se trata entre otras cosas sobre la clasificación de electrodos de soldadura es: "Reglas para la construcción y clasificación de embarcaciones de acero". Esta es una publicación anual en donde se indica primeramente los requerimientos de los diferentes elementos estructurales con los cuales se forma el casco del buque y la superestructura como por ejemplo: doble fondos, en cementados, pintados y soldadura. Existen reglas para la construcción de maquinaria, reglas para la inspección y ensayo de materiales y reglas para las varias supervisiones - que son requeridas para mantener la embarcación en "Clase" (Ref.4).

1.1.2. Lloyd's Register of Shipping

L.R fue la primera Sociedad Clasificadora en el mundo, se inició en 1.760 como un registro de embarcaciones a ser aseguradas por - los aseguradores marinos. Desde su primera -

edición en 1764, ha estado relacionada con el establecimiento de normas para la construcción y mantenimiento de buques mercantes, y la provisión de servicio técnico a los propietarios para el cumplimiento de esas normas. Su libro de registro, editado anualmente menciona todos los buques mercantes de 100 toneladas o más.

1.1.3. Bureau Veritas

Fue establecida en 1828, su oficina matriz está en París. Al igual que todas las Sociedades Clasificadoras, B.V edita anualmente su publicación más importante, "Reglas y Regulaciones para la construcción y clasificación de Embarcaciones de Acero". Esta Sociedad es muy internacional en su organización, tiene representación en más de 115 países.

1.1.4. Det Norske Veritas

Fue fundada en 1864, tiene su oficina matriz en Oslo, Noruega. NV está entre las principales Sociedades de Clasificación de buques

en el mundo. A comienzos de 1983, la flota clasificada por la Sociedad representaba el 11% del total de la flota mundial, con registros en más de 90 países.

1.2. REQUERIMIENTOS PARA LA APROBACION DE MATERIALES DE APORTACION EN SOLDADURA

Puesto que cada una de las Sociedades Clasificadoras tiene sus propias normas para la aprobación de materiales de aportación y sería demasiado extenso mencionar cada una de ellas, este estudio se limitará a describir las normas para la clasificación de electrodos de soldadura usados en el proceso manual al arco eléctrico según A.B.S., y compararla con el resto de sociedades.

NORMA A.B.S (REF.5)

SECCION A

GENERAL

A.1. PROCEDIMIENTO GENERAL DE APROBACION

Electrodos para soldadura manual al arco eléctrico, serán aprobados una vez sometidos al cumplimiento

de los requerimientos y lista de ensayos que se describen aquí. Los conjuntos de prueba deberán ser preparados y probados en presencia de un su pervisor de A.B.S. El Supervisor debe estar de acuerdo en que la planta de fabricación y el método de producción de los electrodos sea ca paz de asegurar una razonable uniformidad en la producción. La Sociedad deberá ser notificada en el caso de querer realizar alguna alteración en la producción de electrodos aprobados.

A.2. GRADOS

Los electrodos están divididos en dos grupos bá sicos: electrodos de resistencia ordinaria para soldar cascos de buques contruídos con aceros - estructurales de resistencia ordinaria; y electrodo dos de alta resistencia para soldar cascos de buques con aceros estructurales de alta resisten cia. Cada uno de los dos grupos se basa en los correspondientes requerimientos, de resistencia a la tracción. Cada grupo de electrodos es luego subdividido en grados: Grados 1, 2 y 3 para electrodos de resistencia ordinaria; y grados 1Y, 2Y y 3Y para electrodos de alta resistencia. La -

asignación del grado se determina de acuerdo a los requerimientos de los ensayos de impacto. Propiedades específicas para ensayos de tensión e impacto para cada grado están indicadas en las tablas II y III.

A.3. METAL BASE PARA ENSAYOS

A.3.1. Electrodos de resistencia ordinaria

Cualquier grado de acero estructural para cascos de buques de resistencia ordinaria puede ser usado en la preparación de todos los conjuntos de prueba.

A.3.2. Electrodos de Alta Resistencia

Cualquier grado de acero estructural para cascos de buques de alta resistencia u ordinaria podrían ser usados en la preparación de los conjuntos de prueba.

Para los conjuntos de soldadura a tope, la resistencia a la tracción del metal base no será inferior a 50 Kg/mm.²

TABLA II

REQUERIMIENTOS MECANICOS PARA LOS ELECTRODOS DE RESISTENCIA
ORDINARIA SEGUN A.B.S (REF. 5)

REQUERIMIENTOS DE TENSION PARA TODOS LOS GRADOS:

	41 - 57 Kg/mm ²
Resistencia a la tensión	400-560 MPa (N/mm ²)
	31 Kg/mm ²
Punto de fluencia, min	305 MPa (N/mm ²)
Elongación en 50 mm.min. %	22.0

REQUERIMIENTOS DE IMPACTO:

GRADOS	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	
Temperatura de ensayo °C	20	0	-20	-10
Energía absorbida proceso manual				
Kg-m	4.8	4.8	4.8	6.2
J	47	47	47	61

TABLA III

REQUERIMIENTOS MECANICOS PARA LOS ELECTRODOS DE RESISTENCIA
ELEVADA SEGUN A.B.S (REF.5)

REQUERIMIENTOS DE TENSION PARA TODOS LOS GRADOS:

	50 - 67 Kg/mm ²
Resistencia a la tensión	490-655 MPa (N/mm ²)
	38 Kg/mm ²
Punto de fluencia,min.	370 MPa (N/mm ²)
Elongación en 50 mm.min.%	20.0

REQUERIMIENTOS DE IMPACTO:

GRADOS	1Y	2Y	3Y
Temperatura de ensayo °C	20	0	-20
Energía absorbida Proceso manual			
Kg-m	5.5	5.5	5.5
J	54	54	54

A.3.3. Electrodos ordinarios y de alta resistencia (Aprobación doble)

Para electrodos ordinarios y de alta resistencia (aprobación doble), los conjuntos de prueba de metal depositado pueden emplear aceros estructurales para cascos de buques de alta resistencia u ordinaria. Los conjuntos de prueba requeridos para soldadura a tope deberán realizarse con ambos aceros estructurales de alta resistencia y ordinaria.

A.4. CONDICIONES DE SOLDADURA

Los parámetros de soldadura usados como amperaje, voltaje, velocidad de deposición, etc., deberán estar dentro del rango recomendado por el fabricante para una práctica normal de soldadura. Cuando los electrodos puedan ser usados con corriente alterna y continúa, se deberá usar corriente alterna para la preparación de los conjuntos de prueba.

A.5. POSICIONES DE SOLDADURA

Las posiciones de soldadura y correspondientes -

abreviaciones que se refieren aquí se definen co
mo sigue:

F - Plana.- Es la posición de soldadura donde el eje de la junta a soldar y las planchas son hori
zontales y la soldadura se realiza con una progresión horizontal desde la parte superior de la junta.

V-- Vertical.- Es la posición de soldadura donde el eje de la junta a soldar y las planchas son verticales y la soldadura se realiza con una progresión ascendente.

OH- Sobrecabeza.- Es la posición de soldadura don
de el eje de la junta a soldar y las planchas son horizontales y la soldadura se realiza con una progresión horizontal desde la parte inferior de la junta.

H - Horizontal.- Es la posición de soldadura donde el eje de la junta a soldar es horizontal y las planchas son verticales y la soldadura se realiza con una progresión horizontal.

HF - Angulo Horizontal.- Es la posición de soldada dura donde el eje de la junta a soldar es horizontal, el eje de una de las planchas es vertical y el eje de la otra plancha es horizontal.

A.6. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Se recomienda que los conjuntos soldados sean sometidos a radiografía o examen ultrasónico para determinar cualquier defecto en la soldadura antes de los ensayos.

A.7. ENSAYOS DE TENSION PARA METAL DEPOSITADO

A.7.1. Tipo de especímenes y preparación

Los especímenes para ensayos de tensión - en metal depositado deberán ser maquinadados a las dimensiones indicadas en la figura N° 2, debe tenerse cuidado que el eje longitudinal coincida con el centro de la soldadura y el medio espesor de las planchas.

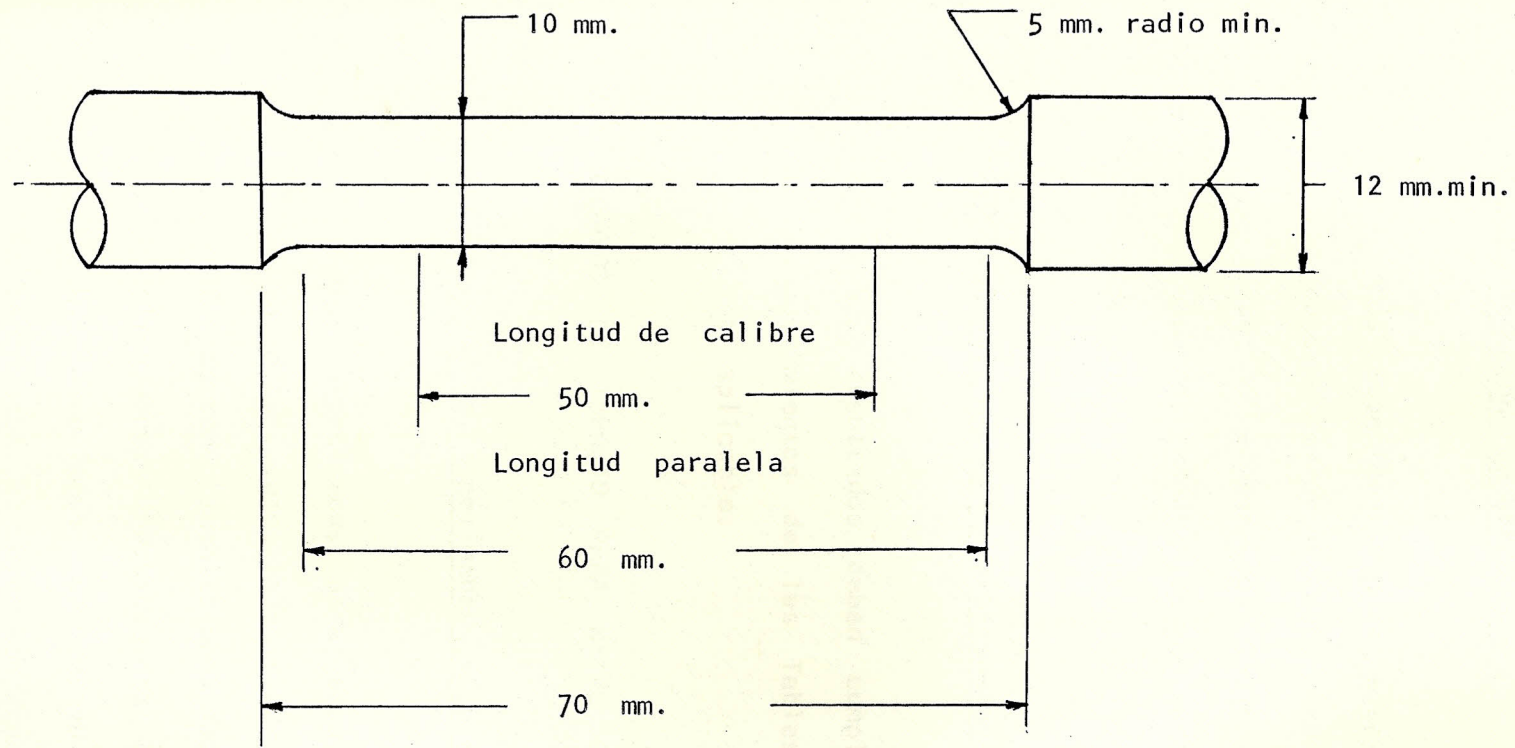


FIGURA Nº 2. ESPECIMEN PARA ENSAYO DE TENSION EN METAL DEPOSITADO (Ref.5)

A.7.2. Remoción de hidrógeno

Los especímenes para ensayos de tensión - pueden ser sometidos a una temperatura - que no exceda los 250°C por un período que no exceda las 16 horas para remoción de hidrógeno, antes del ensayo.

A.7.3. Requerimientos de los ensayos

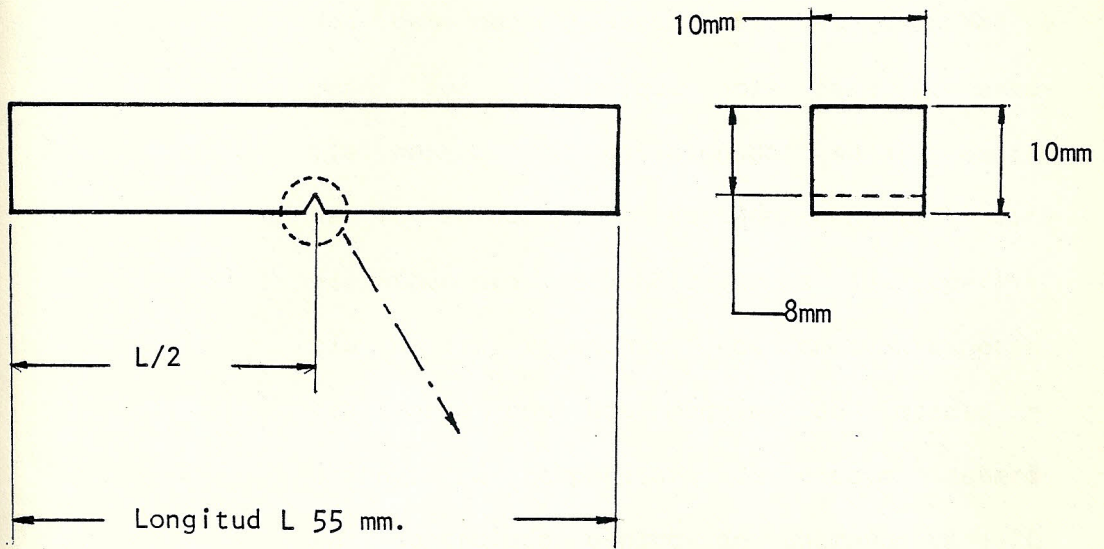
Los resultados deben cumplir con los requerimientos de las Tablas II ó III, que sea aplicable.

A.8. ENSAYOS DE IMPACTO PARA METAL DEPOSITADO

A.8.1. Tipo de especímenes y preparación

Los especímenes para ensayos de impacto - en metal depositado deberán ser del tipo Charpy con entalla en V maquinados a las dimensiones indicadas en la figura N° 3.

Los especímenes de ensayo deberán ser cortados con su eje longitudinal perpendicular a la soldadura y deberán ser obteni



0.25mm radio

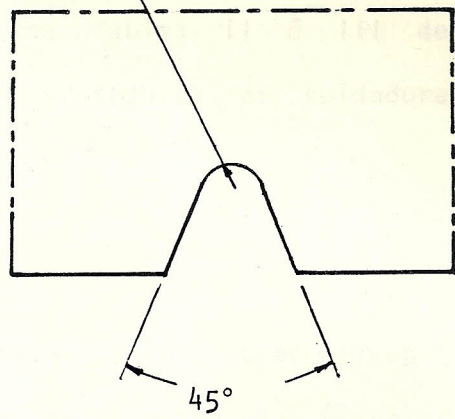


FIGURA N° 3: ESPECIMEN PARA ENSAYO DE IMPACTO (Ref. 5)

dos del medio espesor de las planchas a menos que se indique otra cosa. La entalla deberá ser posicionada en el centro de la soldadura y cortada con la cara del espécimen perpendicular a la superficie de las planchas. Los ensayos deberán realizarse con una máquina de impacto - Charpy. La temperatura de ensayo deberá ser controlada dentro de un rango de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ de la temperatura de referencia.

A.8.2. Requerimientos de los ensayos

Los resultados deben cumplir con los requerimientos de las Tablas II ó III de acuerdo al grado y técnica de soldadura.

A.8.3. Re-ensayos

Si el valor promedio de los tres especímenes de impacto no cumplen con el valor requerido en una cantidad que no exceda - el 15%, tres especímenes adicionales de impacto pueden ser ensayados y los resultados añadidos a los previamente obteni-

dos para formar un nuevo promedio, el cual debe cumplir con los requerimientos. Cuando el valor promedio de los tres especímenes de impacto es mayor que el 15% por abajo del valor requerido, seis especímenes más de impacto pueden ser preparados y el valor promedio de estos nuevos especímenes deberán cumplir con los requerimientos.

A.9. ENSAYO DE TENSION PARA SOLDADURA A TOPE

A.9.1. Tipo de especímenes y preparación

Las muestras para ensayos de tensión de soldadura a tope deberán ser maquinadas a las dimensiones indicadas en la figura N° 4. Las superficies superior e inferior de la soldadura deberán ser limadas, esmeriladas o maquinadas a nivel con la superficie de las planchas.

A.9.2. Requerimientos de los ensayos

Los resultados deberán cumplir con los requerimientos de las Tablas II ó III, que

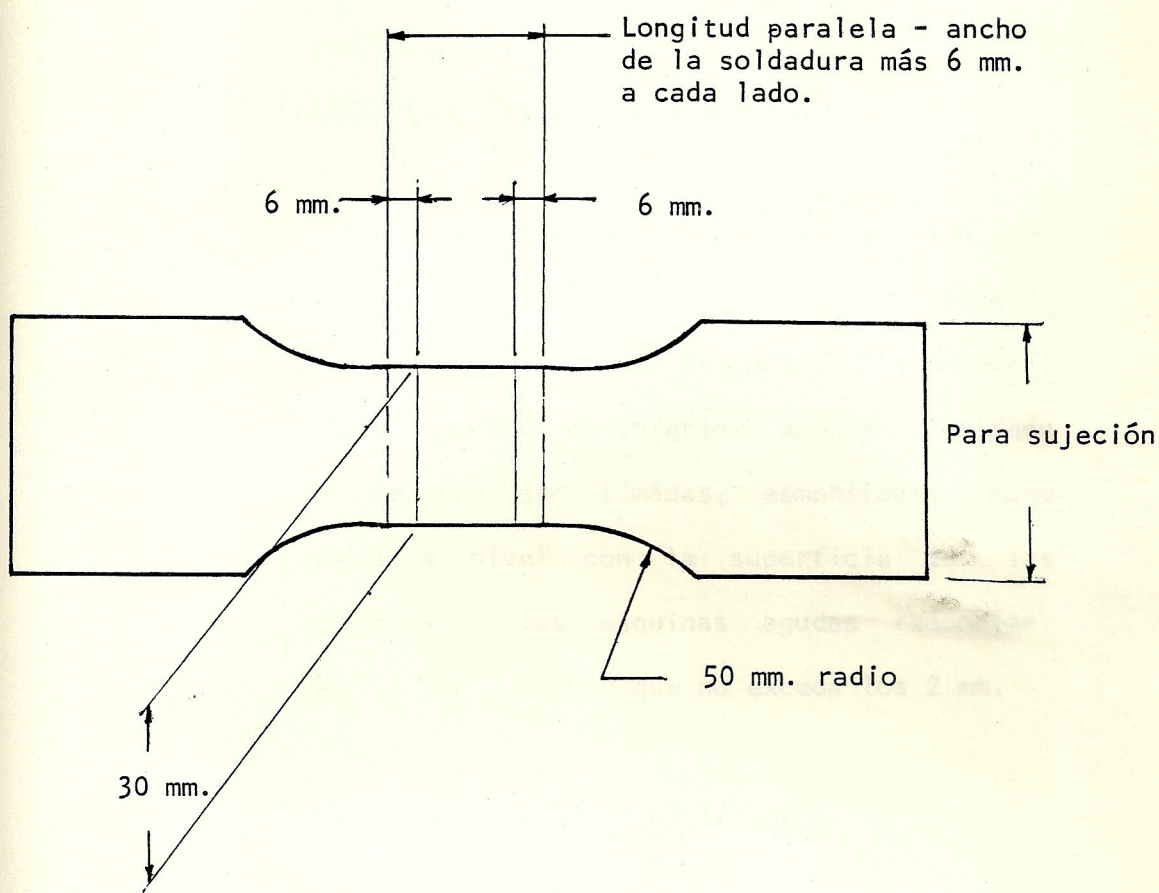


FIGURA N° 4. ESPECIMEN PARA ENSAYO DE TENSION EN SOLDADURA
A TOPE (Ref. 5).

sea aplicable.

A.10. ENSAYOS DE DOBLADO PARA SOLDADURA A TOPE

A.10.1. Tipo de especímenes y preparación

Los especímenes de ensayo de doblado de cara y de raíz para soldadura a tope deberán tener 30 mm. de ancho. Las superficies superior e inferior de la soldadura deberán ser limadas, esmeriladas o maquinadas a nivel con la superficie de las planchas y las esquinas agudas redondeadas a un ángulo que no exceda los 2 mm.

A.10.2. Requerimientos de los ensayos

Los especímenes deberán ser doblados a un ángulo de 120° alrededor de un eje o mandril que tenga un diámetro de tres veces el espesor del espécimen. En el doblado de cara, la cara de la soldadura deberá estar en tensión durante el ensayo. En el doblado de raíz, la raíz de la soldadura deberá estar en tensión durante el

ensayo. Los especímenes deberán soportar el doblado sin desarrollar ninguna fisura o defecto mayor de 3.2 mm., en la superficie de la muestra en tensión.

A.11. ENSAYOS DE IMPACTO PARA SOLDADURA A TOPE

A.11.1. Tipo de especímenes y preparación

Los especímenes para ensayos de impacto en soldadura a tope deberán ser preparados y probados de acuerdo con A.8.1. Si el valor promedio de los tres especímenes de impacto falla en cumplir con los requerimientos, ensayos adicionales podrán realizarse de acuerdo con A.8.3.

A.11.2. Requerimientos de los ensayos

Los resultados deben cumplir con los requisitos de las Tablas II ó III, de acuerdo al grado y técnica de soldadura.

A.12. ENSAYOS ANUALES Y NUEVA DETERMINACION DE GRADO

Muestras de electrodos aprobados deberán someterse a ensayos anuales de acuerdo con B.7.

Nuevos ensayos para determinación de grado del electrodo serán considerados a pedido del fabricante.

A.13. ENSAYOS ADICIONALES

A.13.1. Re-ensayos

Si cualquiera de los ensayos mecánicos descritos falla, dos muestras del mismo tipo pueden ser preparadas (usando electrodos del mismo lote si es posible) y deberán cumplir con los requerimientos especificados. Para falla en los ensayos de impacto, vea A. 8.3.

A.13.2. Ensayos Especiales

La Sociedad puede especificar en casos particulares, los ensayos adicionales que crea necesario.

SECCION B

ELECTRODOS PARA SOLDADURA MANUAL AL ARCO

B.1. GENERAL

Este programa de ensayos ha sido realizado para la aprobación de electrodos para soldadura manual al arco y electrodos especialmente diseñados para soldadura en ángulo.

B.2. ANALISIS QUIMICO

El análisis químico del metal depositado de soldadura deberá ser suministrado por el fabricante.

B.3. CONJUNTOS DE PRUEBA PARA METAL DEPOSITADO

B.3.1. Conjuntos de prueba

Dos conjuntos de prueba de metal depositado como se indica en la figura N° 5, deberán ser soldados en posición plana, uno usando electrodos de 4 mm. y otro usando 8 mm. ó el de mayor tamaño fabricado. Si un

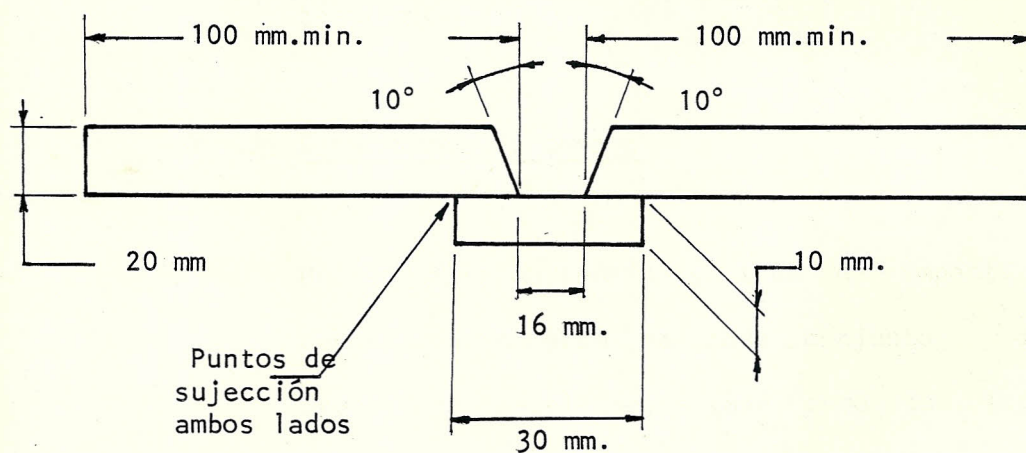
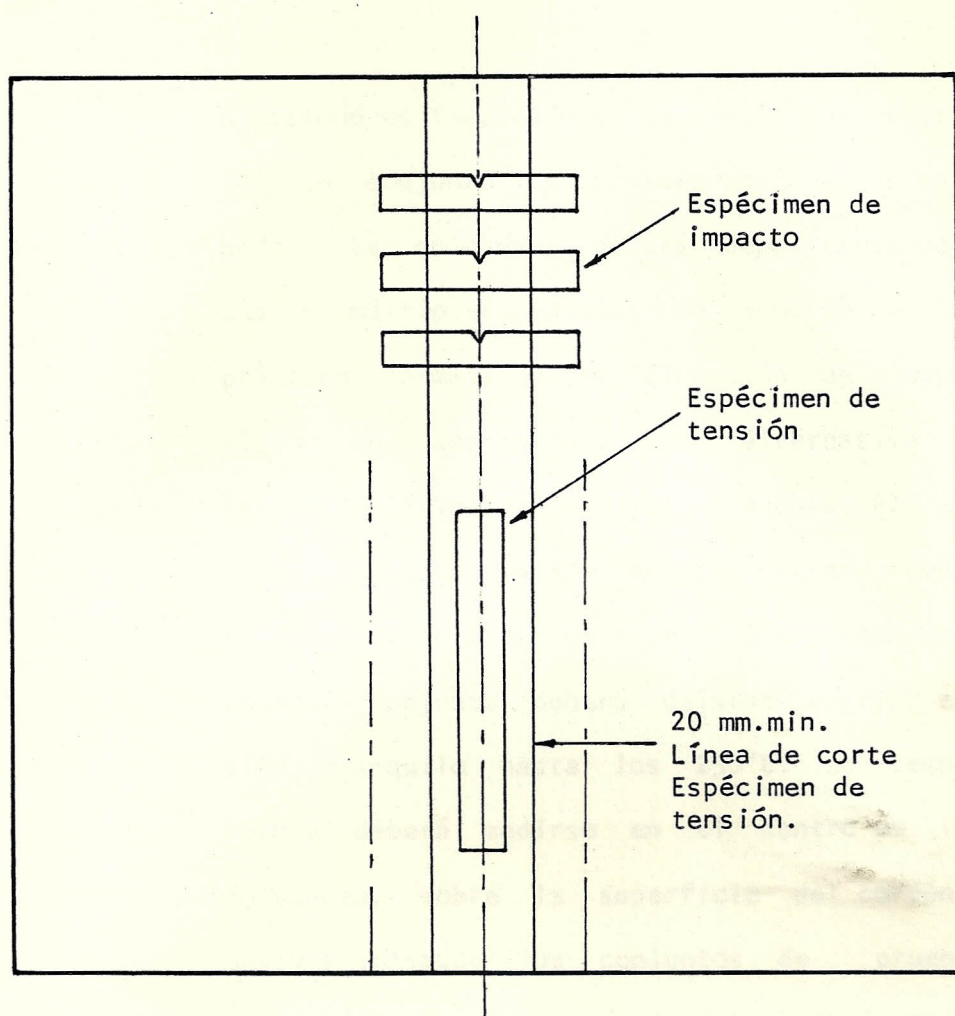


FIGURA N° 5. CONJUNTO DE PRUEBA PARA METAL DEPOSITADO
(Ref.5).

electrodo es fabricado en un tamaño solamente, solo un conjunto de pruebas deberá ser sol dado. La soldadura deberá depositarse en una o múltiples pasadas de acuerdo a la práctica normal, y la dirección de deposición de cada pasada será alternativa - desde los finales de las planchas. El es pesor de cada pasada deberá ser no menor de 2 mm., y no mayor de 4 mm. Entre cada pasa da el conjunto deberá dejarse enfriar en aire tranquilo hasta los 250°C. La tempe ratura deberá medirse en el centro de la soldadura, sobre la superficie del cordón. Una vez soldados los conjuntos de prueba no serán sometidos a ningún tratamiento - térmico.

B.3.2. Especímenes de ensayo

Un espécimen de tensión y tres de impacto - deberán prepararse de cada conjunto de prueba de metal depositado como se indica en la figura N° 5 y los resultados cum plir con los requerimientos de las Tablas II ó III para el grado que sea aplicable y

técnica de soldadura.

B.4. CONJUNTOS DE PRUEBA PARA SOLDADURA A TOPE

B.4.1. Conjuntos de prueba

Un conjunto de pruebas para soldadura a tope como se indica en la figura N° 6, deberá ser soldado en cada posición (plana, vertical, horizontal y sobrecabeza) para la cual el electrodo es recomendado por el fabricante, excepto que si un electrodo cumple con los requerimientos para posiciones plana y vertical entonces se considerará que también cumple con los requerimientos para posición horizontal. Cuando un electrodo -deba aprobarse solamente en posición plana, un conjunto de prueba adicional deberá ser soldado en esa posición.

B.4.2. Procedimiento de soldeo

En general el siguiente procedimiento de soldeo deberá adoptarse para la realización -de los conjuntos de prueba.

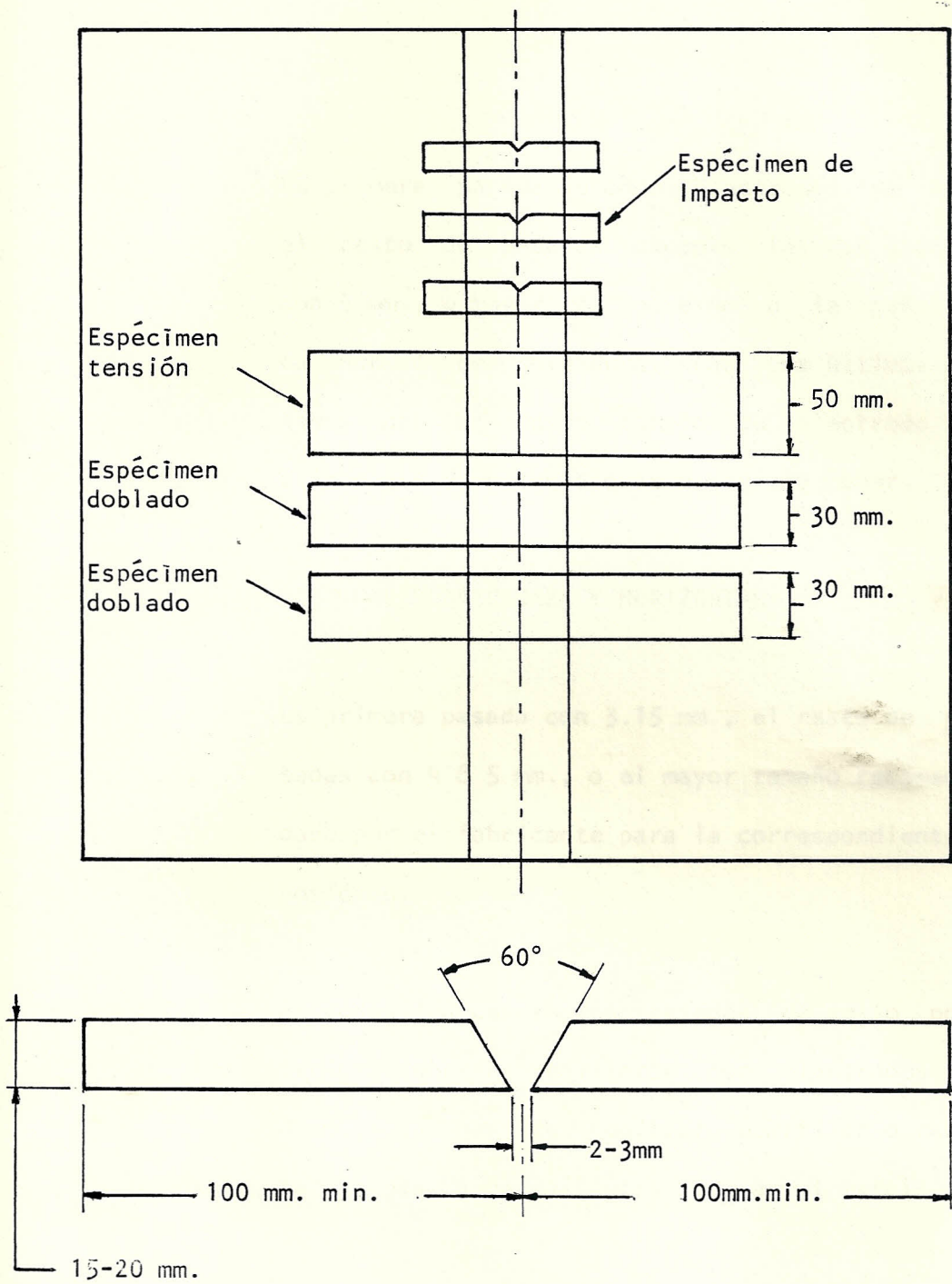


FIGURA N° 6: CONJUNTO DE PRUEBA PARA SOLDADURA A TOPE
(Ref. 5).

PLANA

La primera pasada usando electrodos de 4mm. el resto de pasadas excepto las dos últimas con 5 mm., o mayor de acuerdo a la práctica normal de soldadura. Las dos últimas pasadas con el mayor tamaño de electrodo fabricado, u 8 mm., cualquiera que sea menor.

VERTICAL, SOBRECABEZA Y HORIZONTAL

La primera pasada con 3.15 mm., el resto de pasadas con 4 ó 5 mm., o el mayor tamaño recomendado por el fabricante para la correspondiente posición.

En todos los casos las pasadas de sello posterior deberán realizarse con electrodos de 4 mm., después de cepillar, esmerilar o ranurar la pasada de raíz para limpiar el metal.

Las soldaduras a tope deberán realizarse usando la práctica normal de soldadura y entre cada pasada el conjunto deberá dejarse enfriar hasta los 250°C. La temperatura será medida en el centro de la soldadura sobre la superficie del cordón.

Una vez soldados los conjuntos de prueba no deberán ser sometidos a ningún tratamiento térmico. Si el electrodo en prueba se lo quiere utilizar para soldadura vertical con progresión descendente, esta técnica deberá adoptarse para la preparación de un conjunto de prueba para soldadura a tope vertical, usando electrodos del tamaño recomendado por el fabricante.

B.4.3. Especímenes de ensayo

Un espécimen de tensión, dos para doblado de raíz y cara y tres especímenes de impacto de los conjuntos plano y vertical, deberán prepararse para cada conjunto de prueba soldada a tope como se indica en la figura - Nº 6. Los resultados de los ensayos de tensión e impacto deberán cumplir con los requerimientos de las Tablas II o III para el grado que sea aplicable y técnica de soldadura. Los resultados de impacto del conjunto vertical serán reportados solamente para información. Los resultados de los ensayos de doblado deberán cum

plir con los requerimientos de A.10.2.

B.5. ENSAYOS PARA SOLDADURA EN ANGULO

B.5.1. General

Cuando un electrodo sea sometido para la aprobación de soldadura en ángulo solamente, los ensayos para soldadura a tope indicados en B.4. pueden ser omitidos y los ensayos para soldadura en ángulo deberán realizarse de acuerdo con B.5.2. al B.5.5.

B.5.2. Conjuntos de prueba

Los conjuntos para soldadura en ángulo, como se indican en la figura N° 7, deberán soldarse para cada posición de soldadura para la cual el electrodo es recomendado por el fabricante.

B.5.3. Procedimiento de soldeo

La longitud del filete del conjunto de prue-

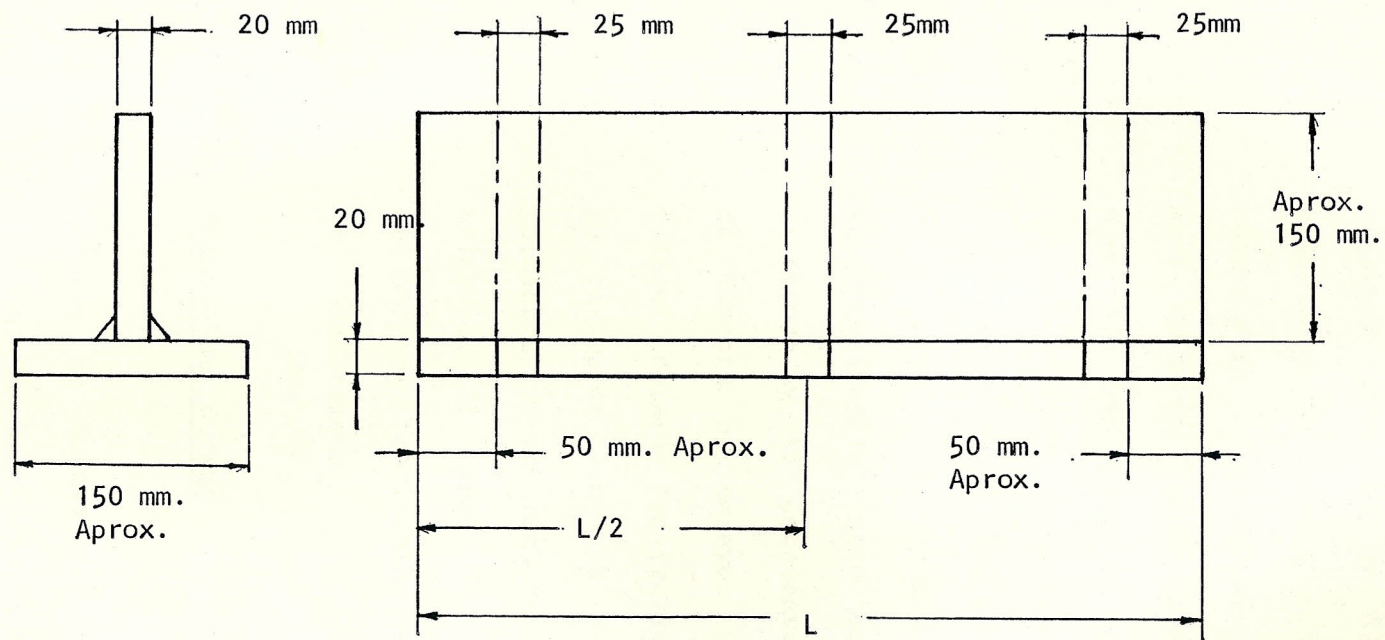


FIGURA N° 7: CONJUNTO DE PRUEBA PARA SOLDADURA EN ANGULO (REF.5)

ba L., deberá ser suficiente para permitir el ensayo descrito en B.5.4. y B.5.5. y permitir al menos la deposición de la longitud completa del electrodo en prueba. Un lado deberá soldarse usando el máximo tamaño de electrodo fabricado y el otro lado deberá soldarse usando el mínimo tamaño de electrodo fabricado y recomendado para soldadura en ángulo. El tamaño del filete será en general determinado por el tamaño del electrodo y la corriente de soldadura usada durante el ensayo. La soldadura del filete deberá realizarse con el electrodo de mayor longitud usando el equipo de soldadura y técnica recomendada por el fabricante. El rango de corriente recomendada por el fabricante deberá reportarse para cada tamaño.

B.5.4. Ensayo de dureza

Ensayos de dureza deberán realizarse en cada una de las tres secciones representadas en la figura N° 7. El número y localización de las lecturas de dureza debe-

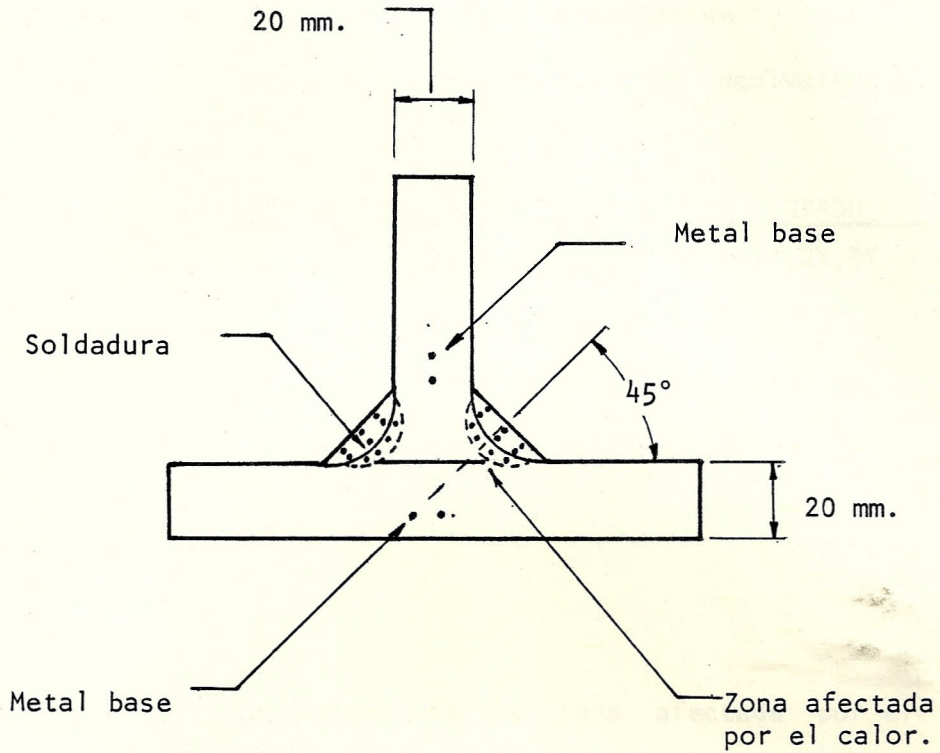


FIGURA N° 8. LOCALIZACION DE LAS TOMAS DE DUREZA
PARA SOLDADURA EN ANGULO (Ref. 5)

rán ser aproximadamente como se indica en la figura N° 8. La dureza de la soldadura deberá determinarse y cumplir con los siguientes valores equivalentes:

CARGA	GRADO	GRADO
	1,2,3	1Y,2Y,3Y

Dureza con diamante Reportar

piramidal 10 Kg. para 150 min.

Rockwell B-100 Kg información 80 min.

La dureza de la zona afectada por el calor (ZAC) y del metal base también serán determinadas y reportadas para información.

B.5.5. Ensayo de rotura

Una de las secciones restantes de la soldadura en ángulo tendrá ranurada o maquinada la soldadura en el lado primeramente soldado, para facilitar la rotura del filete en el otro lado cerrando las dos planchas juntas, sometiendo

la raíz de la soldadura a tensión. En la otra sección restante, la soldadura será ranurada o maquinada en el lado soldado después y será fracturada usando el mismo procedimiento descrito anteriormente. Las superficies de fractura deberán examinarse para comprobar si no existe evidencia de penetración incompleta o fracturas internas y si está razonablemente libre de porosidades.

B.6. ENSAYO DE HIDROGENO

B.6.1. Electrodos de resistencia ordinaria

Los electrodos que han cumplido los requerimientos para Grados 2 y 3 pueden, a opción del fabricante, ser sometidos a ensayos de hidrógeno, como se especifica en B.6.3. Un sufijo H será añadido al número de grado para indicar que se cumple con los requerimientos del ensayo especificados en B.6.4. para electrodos de resistencia ordinaria.

B.6.2. Electrodos de alta resistencia

Los electrodos que sean sometidos para

aprobación de acuerdo a los grados 1Y, 2Y ó 3Y deberán ser sometidos a un ensayo de hidrógeno como se especifica en B.6.3., y deben cumplir con los requerimientos especificados en B.6.4., para electrodos de alta resistencia.

B.6.3. Preparación de especímenes

Cuatro especímenes de ensayo deberán prepararse midiendo aproximadamente 12 x 25mm. de sección transversal por 125 m., de longitud. El metal base puede ser cualquier grado de acero para construcción de buques y los especímenes serán pesados con una exactitud de al menos 0.1 gr., antes de la soldadura. En la superficie más ancha de cada espécimen de ensayo una simple pasada de soldadura será depositada con una longitud aproximada de 100 mm. con un electrodo de 4mm., usando alrededor de 150 mm. de longitud del electrodo. La soldadura deberá realizarse con el arco más corto que sea posible y una corriente de

aproximadamente 150 amp.

Antes de la soldadura los electrodos pueden ser sometidos a un proceso normal de secado recomendado por el fabricante. Dentro de 30 segundos, de haberse completado la soldadura de cada espécimen, la escoria - deberá ser removida y el espécimen templado en agua a 20°C , aproximadamente. Después de los 30 segundos posteriores el espécimen será limpiado y colocado en un aparato apropiado para la recolección de hidrógeno por desplazamiento de glicerina. La glicerina deberá mantenerse a una temperatura de 45°C durante el ensayo. Todos los cuatro especímenes deberán ser soldados y colocados en el colector de hidrógeno dentro de 30 minutos. Los especímenes se mantendrán sumergidos en la glicerina por un período de 48 horas y después de removerlos serán limpiados con agua o un solvente suave, secados, y pesados con una exactitud de al menos 0.1 gr. para determinar la cantidad de soldadura depositada. La cantidad de gas será medida con una exactitud de al menos 0.01 ml. y corregido para la temperatura y presión a 20°C y 760 mm.Hg.

B.6.4. Requerimientos del ensayo

La cantidad promedio de hidrógeno para los cuatro especímenes probados no debe exceder un promedio de 0.1 ml. por gramo de metal depositado para electrodos de resistencia ordinaria, y 0.05 ml. por gramo de metal soldado para electrodos de alta resistencia.

B.6.5. Ensayos alternativos

El contenido de hidrógeno del metal depositado o el contenido de humedad en el revestimiento del electrodo, podrá ser determinado de acuerdo con un procedimiento alternativo reconocido.

B.7. ENSAYOS ANUALES Y NUEVA DETERMINACION DE GRADO DE LOS ELECTRODOS

B.7.1. General

Las facilidades y correspondientes procedimientos de control de calidad que produz

can electrodos aprobados por A.B.S., serán sometidos a una inspección anual. En este caso dos conjuntos de prueba de metal depositado deberán ser soldados y ensayados de acuerdo con B.3.

B.7.2. Nueva determinación de grado

La nueva determinación de grado de los - electrodos será considerada a pedido del fabricante, al mismo tiempo que los ensayos de chequeo anual. En adición a los dos ensayos de metal depositado de soldadura a tope deberá prepararse como se indica en B.4., para la posición plana. Además un conjunto de tres especímenes - de impacto deberán ser preparados y ensayados para cumplir los requerimientos - de la tabla II o III para el grado - que sea aplicable.

1.3. COMPARACION DE LOS REQUERIMIENTOS PARA APROBACION DE ELECTRODOS DE SOLDADURA MANUAL AL ARCO ELECTRICO

Tanto la ABS como LR, BV y NV dividen a los elec

trodos para la soldadura de aceros estructurales de buques en dos grupos básicos, esto es; electrodos de alta resistencia y electrodos de resistencia ordinaria. Cada uno de estos grupos está basado en la correspondiente resistencia a la tensión. Posteriormente cada grupo es subdividido en grados 1, 2 y 3 para electrodos de resistencia ordinaria, mientras - que para electrodos de alta resistencia ABS y BV considerarán los grados 1Y, 2Y y 3Y. LR y NV solamente - toman en cuenta los grados 2Y y 3Y. En todos los casos la subdivisión en grados está basada en los requerimientos de los ensayos de impacto.

1.3.1. Metal base

El metal base recomendado para la preparación de los conjuntos de prueba, depende del tipo de electrodo a utilizar. Los requerimientos de ca da una de las sociedades se indican a continuación.

Electrodos de resistencia ordinaria

ABS Se podrá utilizar cualquier grado de ace ro estructural para buques.

LR.	<u>Grado de electrodo</u>	<u>Grado de acero</u>
	1	A
	2	A,B ó D
	3	A,B,D ó E

BV.	<u>Grado de electrodo</u>	<u>Grado de acero</u>
	1	A,B
	2	D
	3	E

NV. Se podrá utilizar cualquier grado de acero estructural para buques.

Electrodos de resistencia elevada

ABS. Se podrá usar cualquier grado de acero estructural para buques de resistencia ordinaria o elevada, siempre que para soldadura a tope la resistencia mínima del metal base sea 490 N/mm^2 (71000 psi).

LR.	<u>Grado de electrodo</u>	<u>Grado de acero</u>
	2Y	AH,DH ó EH
	3Y	AH,DH ó EH

BV.	<u>Grado de electrodo</u>	<u>Grado de acero</u>
	1Y	AH
	2Y	DH
	3Y	EH

NV. Se podrá usar cualquier grado de acero estructural para buques. Para los ensayos de soldadura a tope se deberá usar un acero al carbono -manganeso, con una resistencia mínima a la tensión de 490N/mm^2 (71000 psi).

En las tablas IV, V, VI y VII se especifican la composición química y propiedades mecánicas de los aceros estructurales para buques de resistencia ordinaria y elevada.

1.3.2. Metal depositado de soldadura

La preparación de los conjuntos de prueba de metal depositado, como se especifica en las normas ABS.(B.3.1) es la misma para todas las Sociedades Clasificadoras, de igual manera el número y dimensiones de los especímenes de tensión e impacto, excepto por el ancho de las platinas a soldar, donde BV especifica que deberán ser de 150 mm.de

ancho cada una y no 100 mm. como consideran el resto de sociedades.

La remoción de hidrógeno para los especímenes - de tensión, es igualmente recomendado por todas las sociedades en iguales condiciones que las es pecificadas por ABS. (A.7.2).

En las tablas VIII y IX se comparan los re querimientos mecánicos especificados por cada - una de las Sociedades Clasificadoras, para los - ensayos de metal depositado.

TABLA IV
COMPOSICION QUIMICA DE LOS ACEROS DE RESISTENCIA ORDINARIA (SEGUN REF. 6)

G R A D O	A	B	D	E
Método de desoxidación	Cualquier método	Cualquier método	Calmado	Calmado y tratado con aluminio.
*Carbono	0.23 max.	0.21 max.	0.21 max.	0.18 max.
Manganeso	0.57 min.	0.80 min.	0.06 min.	0.70 min.
Silicio	0.50 max.	0.50 max.	0.10-0.50	0.10-0.5
Azufre	0.04 max.	0.04 max.	0.04 max.	0.04 max.
Fosforo	0.04 max.	0.04 max.	0.04 max.	0.04 max.
Aluminio	-	-	-	0.015 min.
*Carbono + 1/6 del contenido de manganeso no deberá exceder el 0.4 %.				

K - calmado
SK - semicalmado

TABLA V

COMPOSICION QUIMICA DE LOS ACEROS DE RESISTENCIA ELEVADA (REF. 6)

G R A D O	AH32	DH32	EH32	AH 34S	DH34S	EH34S	AH36	DH36	EH36
Método de desoxidación	K ó SK	K	K	K ó SK	K	K	K ó SK	K	K
Carbono Manganeso Silicio Azufre Fosforo	0.18 max. 0.90 -1.60 0.10 -0.50 0.040 max. 0.040 max.								
Elementos refinadores grano % Niobio Alumínio Vanadio	- 0.015 min. -			0.015-0.05 0.015 min. 0.03 -0.10			0.015-0.05 0.015 min. 0.05 -0.10		
Elementos residuales % Cobre Cromo Níquel Molibdeno	0.35 0.20 0.40 0.08								

K - calmado
SK- semicalmado

TABLA VI

PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ACEROS DE RESISTENCIA ORDINARIA (REF. 6)

G R A D O	ESFUERZO DE FLUENCIA N/mm^2 min. (KG/mm^2)	RESISTENCIA TENSION N/mm^2 (KG/mm^2)	ELONGACION $5,65 \sqrt{S^*}$ % min.	ENSAYO DE IMPACTO (LONGITUDINAL)	
				TEMP. ENSAYO $^{\circ}\text{C}$	ENERGIA PROMEDIO J
A	235 (23.9)	400-490 (40.7-49.8)	22	-	-
B				0	27
D				-10	27
E				-40	27

* S Area de la sección transversal de la probeta.

TABLA VII

PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ACEROS DE RESISTENCIA ELEVADA (REF. 6)

G R A D O	ESFUERZO DE FLUENCIA N/mm ² min. (Kg/mm ²)	RESISTENCIA TENSION N/mm ²) (Kg/mm ²)	ELONGACION $5,65 \sqrt{S^*}$ % min.	ENSAYO DE IMPACTO (LONGITUDINAL)	
				Temp. ensayo °C	Energía Promedio J
AH32	315 (32)	440-590 (44.8-60)	22	0	31
DH32				-20	31
EH32				-40	31
AH34S	340 (34.6)	450-610 (45.8-62)	22	0	34
DH34S				-20	34
EH34S				-40	34
AH36	355 (36)	490-620 (49.8-63)	21	0	34
DH36				-20	34
EH36				-40	34

*S Area de la sección transversal de la probeta

TABLA VIII

COMPARACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE LOS ENSAYOS DE TENSION EN METAL DEPOSITADO

ELECTRODOS DE RESISTENCIA ORDINARIA				
	A.B.S	L.R	B.V	N.V
Resistencia a la tensión N/mm ²	440-560	400-560	400-560	400-500
Esfuerzo de fluencia N/mm ²	305	305	305	305
Elongación % (en 50 mm)	22	22	22	22
ELECTRODOS DE RESISTENCIA ELEVADA				
Resistencia a la tensión N/mm ²	490-655	460-660	490-640	490-660
Esfuerzo de fluencia N/mm ²	370	375	355	375
Elongación % (en 50 mm)	20	22	21	22

$$1 \text{ N/mm}^2 = 0.102 \text{ Kg/mm}^2$$

TABLA IX

COMPARACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE LOS ENSAYOS DE IMPACTO EN METAL DEPOSITADO

ELECTRODOS DE RESISTENCIA ORDINARIA					
G R A D O	TEMPERATURA ENSAYO C	ENERGIA PROMEDIO (JOULES)			
		A.B.S.	L.R.	B.V.	N.V
1	20	47	47	47	47
2	0	47	47	47	47
3	-20	47	47	47	47
ELECTRODOS DE RESISTENCIA ELEVADA					
1Y	20	54	-	47	-
2Y	0	54	47	47	47
3Y	-20	54	47	47	47

1 Joule = 0.102 Kg-m

1.3.3. Soldadura a tope

La preparación de los conjuntos de prueba para soldadura a tope como se indicó en B.4.1, es similar para todas las sociedades. El procedimiento de soldadura es también igual.

Los especímenes de prueba para todas las sociedades tienen las siguientes características:

- 1 espécimen de tensión prismático, perpendicular a la soldadura.
- 3 especímenes para ensayos de impacto Charpy en juntas soldadas en posición plana y vertical ascendente.
- 2 especímenes de doblado, transversal a la soldadura, uno para el ensayo de doblado de cara y el otro para doblado de raíz.

La dimensión de los especímenes para ensayos de tensión en soldadura a tope es igual para todas las sociedades. ABS considera este ensayo solamente para los conjuntos soldados

en posición plana y vertical mientras que LR, BV y NV consideran además un ensayo en el conjunto soldado en sobrecabeza el cual deberá cumplir con los mismos requerimientos que los conjuntos plano y vertical.

Adicionalmente NV recomienda este ensayo para electrodos de resistencia elevada solamente. BV especifica dos valores de resistencia a la tensión, para la aprobación de electrodos de resistencia elevada, cada uno de los valores depende de los siguientes tipos de metal base utilizado para la preparación de los conjuntos de prueba :

RESISTENCIA	METAL BASE
470 N/mm ²	AH32, DH32, EH32
490 N/mm ²	AH36, DH36, EH36

En la tabla X se indica las propiedades mecánicas requeridas por cada una de las sociedades para los ensayos de tensión en los conjuntos soldados a tope.

TABLA X

COMPARACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE LOS ENSAYOS DE TENSION EN SOLDADURA A TOPE

		ELECTRODOS RESISTENCIA ORDINARIA	ELECTRODOS RESISTENCIA ELEVADA
RESISTENCIA TENSION N/mm ²	A.B.S.	400 - 560	490 - 655
	L.R.	400 min.	490 min.
	B.V.	400 min.	470 490
	N.V.	-	490 min.

$$1 \text{ N/mm}^2 = 0.102 \text{ Kg/mm}^2$$

Ensayos de impacto en conjuntos soldados a tope en posición plana y vertical son requeridos por todas las sociedades. Los valores de los requerimientos de impacto para la posición plana son los mismos que los requeridos en el ensayo de metal depositado (Tabla IX). Los resultados de los ensayos de impacto en posición vertical ascendente son pedidos para información solamente por ABS, mientras que para el resto de sociedades en la tabla XI se indica los requerimientos de cada una de ellas.

Los ensayos de doblado son desarrollados en forma similar en todas las sociedades, esto es, los especímenes deberán ser doblados a un ángulo de 120° alrededor de un eje o mandril que tenga un diámetro igual a tres veces el espesor del espécimen, tanto para el doblado de cara como el de raíz. En cuanto a los requerimientos de este ensayo, BV especifica que no deberá desarrollarse ninguna fisura u otro defecto en la superficie del espécimen. Las otras sociedades son más flexibles LR y NV aceptan fisuras superficiales

TABLA XI

COMPARACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE LOS ENSAYOS DE IMPACTO EN

SOLDADURA A TOPE VERTICAL

ELECTRODOS DE RESISTENCIA ORDINARIA				
GRADO	TEMP. °C	ENERGIA PROMEDIO (Joules)		
		L.R	B.V	N.V
1	20	34	47	27
2	0	34	47	27
3	-20	34	47	27
ELECTRODOS DE RESISTENCIA ELEVADA				
1Y	20	-	47	-
2Y	0	34	47	34
3Y	-20	34	47	34

A.B.S solicita este ensayo para información

1. Joule = 0.102 Kg-m

hasta de 3 mm y ABS acepta fisuras hasta de 3.2 mm. Adicionalmente NV considera el ensayo de doblado solamente para la aprobación de electrodos de resistencia elevada.

1.3.4. Soldadura en ángulo

Los conjuntos de prueba, procedimientos de soldadura, especímenes de ensayo y ensayos a efectuarse en soldadura en ángulo son los mismos para todas las sociedades, con excepción de BV.

BV especifica un ensayo análogo al de rotura en soldadura en ángulo, al cual se lo llama ensayo de fisuración en caliente. Consiste básicamente en soldar dos platinas en forma de T en posición plana, la soldadura es realizada por ambos lados con el mismo tipo de electrodo. Una vez soldadas las platinas se procede a realizar un análisis de fisuras superficiales, luego se ranura un lado de la soldadura para fracturar el otro lado presionando la plancha vertical hacía la horizontal. De esta manera se determina la posible presencia de grietas internas.

Los requerimientos de los ensayos de dureza a efectuarse en los conjuntos soldados en ángulo son iguales para ABS y NV. LR pide reportar los resultados de este ensayo solamente para información. BV no considera el ensayo de dureza.

1.3.5. Electrodos para penetración profunda

Cuando adicionalmente a su uso como electrodo de penetración normal, un fabricante desea demonstrar que un electrodo tiene propiedades de alta penetración para soldaduras en posición plana y en ángulo horizontal, una serie de ensayos adicionales tienen que realizarse. Estos ensayos son considerados por todas las Sociedades Clasificadoras a excepción de la - ABS.

Un conjunto de pruebas para soldadura a tope deberá realizarse en dos planchas sin bisel, con un espesor igual a dos veces el núcleo del electrodo más dos milímetros. Las - planchas serán soldadas a tope en posición plana y en una sola pasada.

Los conjuntos serán soldados con un electrodo de 8 mm. ó el de mayor tamaño fabricado si este es menor que 8 mm.

Los especímenes de ensayo serán:

- 2 especímenes prismáticos para ensayo de ten
sión transversal.
- 2 probetas para ensayos de doblado de cara y de
raíz.
- 3 probetas para ensayos de impacto charpy.

Los resultados de los ensayos deberán cumplir con los mismos requerimientos que los necesarios para soldadura a tope. Las Sociedades Clasificadoras - consideran que estos electrodos pueden ser apro
bados solamente en el grado 1.

Los conjuntos de prueba para soldadura en ángulo - serán realizados con dos planchas que van a ser soldadas en forma de T. La soldadura deberá rea
lizarse en una sola pasada por cada lado, con un electrodo de 4 mm. en un lado y el otro con el ma

por tamaño fabricado. La soldadura del lado -
realizado con el electrodo de 4 mm., debe
rá tener una penetración mínima de 4 mm. y
la del otro electrodo una penetración reporta-
da para información solamente.

1.3.6. Re-ensayos

Todas las sociedades Clasificadoras consideran -
la posibilidad de realizar nuevos ensayos en caso
que cualquiera de las pruebas estipuladas en las
normas, no llegará a cumplir con los requeri-
mientos exigidos.

Las condiciones de re-ensayo establecidas por la
ABS para ensayos de impacto en A.8.3 son -
igualmente consideradas por BV y NV.

LR específica, que cuando los resultados de los
tres especímenes de impacto no cumplen con los
requerimientos, tres especímenes adicionales -
pueden ser ensayados, siempre que no mas de dos -
valores individuales sean menores que el valor -
promedio requerido y, de estos, no más de uno -
sea menor que el 70 por ciento del valor -
promedio. Los resultados obtenidos deberán -

combinarse con los resultados originales para formar un nuevo promedio el cual, para ser aceptado, debe no ser menor que el valor promedio requerido. Adicionalmente, para estos resultados combinados no más de dos valores individuales deberán ser menores que el valor promedio requerido y, de estos no más de uno deberá ser menor que el 70 % del valor promedio.

Para fallas en el resto de ensayos, todas las Sociedades a excepción de BV, consideran que se pueden preparar dos piezas del mismo tipo las cuales deberán cumplir con los requerimientos especificados. BV considera solamente una pieza para el re-ensayo. (Ref.5,6,7, 8).

CAPITULO II

TRABAJO EXPERIMENTAL

2.1. SELECCION DEL MATERIAL BASE Y DE APORTACION

Como se mencionó en A.3, el metal base recomendado para la preparación de los conjuntos de prueba para la clasificación de electrodos de soldadura en el proceso manual al arco eléctrico, depende del tipo de electrodos a utilizarse.

Los electrodos para soldadura manual al arco eléctrico que se fabrican actualmente en el país y sus correspondientes dimensiones se indican en la tabla XII. De los diferentes tipos de electrodos producidos, los que tienen mayor utilización en nuestro medio son los electrodos para aceros dulces de baja aleación. Por lo tanto se creyó conveniente seleccionar un grupo de electrodos de este tipo para la realización de los ensayos necesarios para su clasificación.

TABLA XII

ELECTRODOS PARA SOLDADURA MANUAL AL ARCO ELECTRICO DE FABRICACION NACIONAL

A P L I C A C I O N	ELECTRODO	CLASIFICACION AWS*	D I A M E T R O S (mm)
ELECTRODOS PARA ACEROS DULCES DE BAJA ALEACION	AGA B 10	E-7018	3.25,4.0,5.0
	AGA C 10	E-6010	3.25,4.0,5.0
	AGA C 11	E-6011	2.5,3.25,4.0,5.0
	AGA C 13	E-6011	3.25,4.0,5.0
	AGA R 10	E-6013	2.5,3.25,4.0,5.0
	HOBART 10 IP	E-6010	2.5,3.25,4.0,5.0
	HOBART 335A	E-6011	2.5,3.25,4.0,5.0
	HOBART 413	E-6013	2.5,3.25,4.0,5.0
ELECTRODOS PARA RECARGUES DUROS	AGA B 80	E-FeMn	3.25,4.0,5.0
	AGA B 83	Medio duro	3.25,4.0,5.0
	AGA B 84	-----	4.0,5.0
ELECTRODO PARA BISELAR	AGA X 99	-----	4.0
ELECTRODO PARA HIERRO FUNDIDO Y METALES NO FERROSOS	AGA X 41	E-Ni Cl	3.25,4.0
	AGA X 48	E-ST	3.25,4.0

*AWS: American Welding Society.

Se seleccionaron tres clases de electrodos con diferentes tipos de revestimiento y clasificación AWS : E-7018, E-6013 y E-6011. Las principales características de los electrodos son las siguientes:

- E-7018, es un electrodo básico con revestimiento de bajo hidrógeno con polvo de hierro. Los revestimientos básicos son mezclas de carbonato cálcico o magnésico a los que se han añadido productos desoxidantes en forma de ferroaleaciones. Los electrodos básicos depositan un metal puro con inclusiones dispersas y estructura fina, que posee elevada capacidad de deformación y una alta resiliencia. Se recomienda utilizar este electrodo para trabajos de soldadura en aceros que contienen impurezas, tales como fósforo y azufre, en aceros laminados en frío, aceros de bajo y mediano carbono y baja aleación.

- E-6013, es un electrodo del tipo rutílico potásico. El revestimiento de estos electrodos es hecho a base de rutilo (TiO_2 natural, 95% de riqueza) y contienen también silicatos naturales y ferroaleaciones que son elementos de afino.

Este electrodo permiten realizar soldaduras de muy

buen aspecto y es especialmente recomendado para trabajos en láminas metálicas delgadas debido a su baja penetración.

Otras aplicaciones típicas de este electrodo son: estructuras livianas, cerrajería, carpintería metálica, etc.

- E-6011, es un electrodo del tipo celulósico para soldaduras de penetración. El revestimiento celulósico produce una atmósfera de hidrógeno neutra, que protege el metal durante su fundición y permite obtener depósitos libres de oxígeno. Los electrodos celulósicos encuentran aplicaciones en construcciones metálicas, recipientes de presión, cañerías de oleoductos, chapas gruesas y delgadas y reparaciones en general.

Electrodos del tipo: E-6013 y E-6011, han sido previamente clasificados en otros países por ABS como electrodos de resistencia ordinaria. Electrodos del tipo E-7018 han clasificado tanto como electrodos de resistencia ordinaria y como electrodos de resistencia elevada. Considerando que el electrodo E-7018 clasificaría como de resistencia ordi-

naria (lo cual se verificará una vez realizado el ensayo de tensión en metal depositado), se seleccionó como metal base un acero de resistencia ordinaria con las características indicadas en la tabla XIII.

2.2. CALIFICACION DEL SOLDADOR

Con el fin de efectuar uniones soldadas libres de fallas y defectos internos es conveniente que los conjuntos sean realizados por un soldador calificado. El objeto principal de la clasificación es el de probar la habilidad del soldador para realizar soldaduras sanas. Los ensayos requeridos para la calificación de soldadores son los previstos por el Código ASME, sección IX. "Homologación de procedimientos de soldeo y de soldadores" (Ref. 9).

Los requisitos y detalles necesarios para la realización de una unión se hallan en un documento llamado Especificación de Soldero. Esta información se halla clasificada en formatos según se trate de : Clasificación de procesos, soldadores u operadores. La especificación para el caso de soldadores se halla bajo el apartado del código:

QW-484 Formato de calificación de soldadores.

TABLA XIII

CARACTERISTICAS DEL METAL BASE SELECCIONADO PARA LA PREPARACION DE LOS
CONJUNTOS DE PRUEBA

DENOMINACION: ASTM A 283 - 746 grado D

ESPESOR: 15 mm.

PROPIEDADES MECANICAS

Resistencia a la tensión: 453 N/mm^2
 46.3 Kg/mm^2

Esfuerzo de fluencia: 291 N/mm^2
 29.6 Kg/mm^2

Elongación: 30 %

COMPOSICION QUIMICA

C 0.18 %

Si 0.23 %

Mn 0.72 %

P 0.022 %

S 0.011%

Como ejemplo entre los datos o variables considerados en este formato se tiene: diseño de juntas , material base, material de aporte, posición, tratamientos térmicos, características eléctricas, técnicas de soldeo, etc.

El Código establece (QW-302, 304) que existe la posibilidad de prescindir de ensayos mecánicos o macrográficos y permitir que el soldador sea calificado por examen radiográfico. Esto puede aplicarse a soldadores y operadores, realizando cordones de soldadura de 152 mm., de longitud para examinar por radiografía.

Los criterios y normas de aceptación radiográfica se dan en QW-191, lo cual se describe a continuación.

EXAMINACION RADIOGRAFICA (QW - 191)

TERMINOLOGIA

DEFECTOS LINEALES

Fisuras, falta de fusión, falta de penetración y escoria son considerados en radiografía como defectos

lineales en los cuales la longitud es mayor que tres veces el ancho.

DEFECTOS REDONDEADOS

Porosidades e inclusiones tales como escoria o tungsteno son considerados en radiografía como defectos redondeados en los cuales la longitud es tres veces el ancho o menor. Estos defectos pueden ser circulares, elípticos o de forma irregular, pueden tener prolongaciones y variar en densidad.

NORMAS DE ACEPTACION (QW - 191.2.2)

Los ensayos para soldadores y operadores de soldadura mediante radiografía de las uniones soldadas en los conjuntos de prueba, serán considerados inaceptables cuando la radiografía muestre cualquier imperfección que exceda los límites especificados a continuación.

A) Defectos lineales

1. Cualquier tipo de fisura o zonas con falta de fusión o penetración.

2. Cualquier inclusión de escoria alargada que tenga una longitud mayor de:

- a) 3.2 mm. para t (espesor plancha) hasta 10 mm.
- b) $1/3t$ para t de 10 a 57 mm.
- c) 19 mm. para t mayor que 57 mm.

3. Cualquier grupo de inclusiones de escoria en línea que tengan una longitud agregada mayor que t en una longitud de $12t$, excepto cuando la distancia entre imperfecciones sucesivas excede $6L$ donde L es la longitud de la mayor imperfección en el grupo.

B) Defectos redondeados

1. La dimensión máxima permisible para defectos redondeados deberá ser el 20 % de t ó 3.2 mm. lo que sea menor.

2. Para soldaduras en materiales menores de 3.2 mm. de espesor, el máximo número de defectos redondeados no deberá exceder de 12 en una longitud de 152 mm. de soldadura. Un número proporcionalmente menor de defec-

tos redondeados será permitido en soldaduras que tengan una longitud de 152 mm.

3. Para soldaduras en materiales de 3.2 mm. o mayores espesores, las cartas del apéndice I (Código ASME, sección IX) representan los tamaños máximos aceptables de defectos redondeados ilustrados en configuraciones típicas ordenadas y dispuestas al azar. Defectos redondeados menores que 0.8 mm. como diámetro máximo no deberán ser considerados en las pruebas de aceptación radiográfica para soldaduras y operadores, en este rango de espesores de materiales.

Para efecto de la calificación del soldador, se soldó cuatro conjuntos de prueba a tope con el electrodo E-7018, en cada una de las posiciones : plana, horizontal, vertical(ascendente) y sobrecabeza. Los conjuntos fueron radiografiados y sometidos a las normas de aceptación del Código ASME, sección IX. Los resultados de esta calificación serán tratados en el capítulo siguiente. Estos conjuntos soldados serán posteriormente utilizados para la preparación y ensayo de los especímenes tendientes a la clasificación del electrodo.

2.3. PREPARACION DE CONJUNTOS DE PRUEBA

Dos conjuntos de prueba de metal depositado como se indicó en la figura 5 se soldaron en posición plana, con cada uno de los electrodos a clasificar (E-7018, E-6013, E-6011). Un conjunto - usando electrodos de 4 mm. y el otro con electrodos de 5 mm., siendo este último el de mayor diámetro que se fabrica.

Los tres tipos de electrodos son aptos para - realizar soldaduras en toda posición, por lo - que los conjuntos de prueba para soldadura a tope (Figura N° 6) se prepararon para cada una de las posiciones: plana, vertical (ascendente) y sobrecabeza. Se exceptúa la posición horizontal puesto que las normas establecen (B.4.1) que, si un electrodo cumple con los requerimientos para las posiciones plana y vertical se considera como que también cumple con los requerimientos para la posición horizontal.

Los conjuntos de prueba para soldadura en ángulo como se indicó en la figura N° 7, se prepararon para todas las posiciones: plana, horizon-

tal, vertical (ascendente) y sobrecabeza, para uno de los tres tipos de electrodos.

2.4. PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

Todos los electrodos a ensayar son de acuerdo al fabricante aptos para realizar soldaduras tanto con corriente continua como con alterna, por lo que atendiendo a lo especificado en A.4., se seleccionó una máquina de corriente alterna para la preparación de todos los conjuntos de prueba. El equipo de soldadura utilizado fue una máquina MILLER DIALARC 250, con un amperaje máximo en el secundario de 250 Amp. y 30 voltios.

Los conjuntos de metal depositado, soldados a tope y soldados en ángulo se realizaron siguiendo los procedimientos de soldeo especificados para el efecto en B.3.1., B.4.2 y B.5.3, respectivamente, los cuales se resumen en las tablas XIV, XV y XVI. En estas tablas se indican los diámetros de los electrodos y corriente de soldadura utilizados para la preparación de cada uno de los conjuntos de prueba. Los conjuntos de metal depositado fueron soldados con electrodos de un mismo

diámetro. Para los conjuntos soldados a tope se indica los parámetros de soldadura usados durante la primera pasada, el resto de pasadas y el cordón de sellado, y para los conjuntos soldados en ángulo los parámetros utilizados para la soldadura de cada uno de los lados del filete. Los amperajes utilizados para la soldadura de los conjuntos de prueba se tomaron dentro del rango de valores recomendados por el fabricante para cada tipo y diámetro de electrodo. Durante la soldadura de los conjuntos de metal depositado y soldados a tope la temperatura del cordón entre pasadas fue controlada por medio de un termómetro de termocupla.

TABLA XIV

PARAMETROS DE SOLDEO UTILIZADOS PARA LA PREPARACION DE LOS
CONJUNTOS DE PRUEBA SOLDADOS CON ELECTRODOS E - 7018

CONJUNTOS	PASADA	DIAMETRO ELECTRODOS (mm)	CORRIENTE (Amp)
MD*	Todas	5,00	225
MD	Todas	4,00	160
TOPE	Primera	4,00	160
F	restantes	5,00	225
	sellado	4,00	160
V	Primera	3,25	118
	Restantes	4,00	160
	Sellado	4,00	160
OH	Primera	3,25	110
	restantes	4,00	155
	sellado	4,00	155
ANGULO	Primera	5,00	200
F	Segunda	3,25	140
H	Primera	5,00	230
	Segunda	3,25	140
V	Primera	5,00	175
	Segunda	3,25	135
OH	Primera	5,00	195
	Segunda	3,25	140

*MD - Metal depositado

TABLA XV

PARAMETROS DE SOLDEO UTILIZADOS PARA LA PREPARACION DE LOS
CONJUNTOS DE PRUEBA SOLDADOS CON ELECTRODOS E - 6013

CONJUNTOS	PASADA	DIAMETRO ELECTRODOS (mm)	CORRIENTE (Amp)
MD*	Todas	5,00	230
MD	Todas	4,00	180
TOPE			
F	Primera	4,00	170
	restantes	5,00	215
	sellado	4,00	180
V	Primera	3,25	120
	restantes	4,00	160
	sellado	4,00	160
OH	Primera	3,25	120
	restantes	4,00	160
	sellado	4,00	160
ANGULO			
F	Primera	5,00	230
	segunda	3,25	140
H	Primera	5,00	230
	segunda	3,25	130
V	Primera	5,00	210
	segunda	3,25	110
OH	Primera	5,00	190
	segunda	3,25	110

*MD - Metal depositado

TABLA XVI

PARAMETROS DE SOLDEO UTILIZADOS PARA LA PREPARACION DE LOS
CONJUNTOS DE PRUEBA SOLDADOS CON ELECTRODOS E - 6011

CONJUNTOS	PASADA	DIAMETRO ELECTRODO (mm)	CORRIENTE (Amp)
MD*	Todas	5,00	200
MD	Todas	4,00	160
TOPE			
F	Primera	4,00	160
	restantes	5,00	190
	sellado	4,00	160
V	Primera	3,25	100
	restantes	4,00	145
	sellado	4,00	145
OH	Primera	3,25	100
	restantes	4,00	140
	sellado	4,00	145
ANGULO			
F	Primera	5,00	190
	segunda	3,25	115
H	Primera	5,00	200
	segunda	3,25	120
V	Primera	5,00	170
	segunda	3,25	100
OH	Primera	5,00	170
	segunda	3,25	100

*MD - Metal Depositado

2.5. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Se recomienda en A.6 que todos los conjuntos de prueba sean sometidos a examinación radiográfica o ultrasónica con el propósito de detectar cualquier defecto en las uniones soldadas antes de realizar los ensayos.

En el presente trabajo se utilizó el método de radiografía industrial para inspeccionar las uniones soldadas. La radiografía tiene la ventaja respecto al exámen por ultrasonido que defectos tales como poros o inclusiones de escoria se detectan fácilmente, ya que dan origen a buenas impresiones sobre la placa radiográfica.

Se examinaron todos los conjuntos soldados, excepto las soldaduras en ángulo. El equipo utilizado fue el SEIFERT de 300 KV y 10 MAmp., la película utilizada en todos los casos fue del tipo Kodak A A (con pantallas de Pb). Los ensayos se efectuaron utilizando las siguientes condiciones:

CONJUNTOS DE METAL DEPOSITADO

- KV: 220

- MApm.: 4
- Tiempo de Exposición: 8 minutos
- Distancia Fuente/Película: 70 cm.
- Indicador de calidad de Imagen: DIN 62 Fe, 10 ISO 16
- Calidad de Imagen: Categoría 1
- Revelado: Manual, 3 minutos a 24 C

CONJUNTOS SOLDADOS A TOPE

- KV: 180
- MAmp: 3
- Tiempo de exposición: 8 minutos
- Distancia Fuente/Película: 70 cm.
- Indicador de calidad de Imagen: DIN 62 Fe, 10 ISO 16
- Calidad de imagen: Categoría 1
- Revelado: Manual, 3 minutos a 24 C
- La observación radiográfica se realizó utilizando un negatoscopio.

Los resultados de los ensayos radiográficos se indican en el próximo capítulo.

2.6. ENSAYOS MECANICOS

2.6.1. Tracción

Para cada tipo electrodo se realizó ensayos

de tracción en probetas cilíndricas y planas.

De cada uno de los dos conjuntos de metal depositado soldados en posición plana con electrodos de 4 mm. y 5 mm., se fabricó una probeta de tensión cilíndrica maquinada a las dimensiones especificadas en la figura N° 2. Las probetas fueron extraídas del cordón soldado y ensayadas para determinar la resistencia a la tracción del depósito soldado.

De los conjuntos soldados a tope en posición plana y vertical se fabricó una probeta de tensión plana para cada conjunto (Figura N° 4). Las probetas fueron extraídas de la sección perpendicular al cordón de soldadura. Estas muestras se ensayaron para obtener la resistencia mecánica de la unión.

Todas las muestras provenientes de los conjuntos soldados se ensayaron para cada tipo de electrodo a clasificar, E-7018 ,

E-6013 y E-6011. El ensayo de las muestras se realizó en la máquina INSTRON 1230 con una velocidad de 5mm/min.

2.6.2. Impacto

Grupos de tres especímenes de impacto - se ensayaron para cada uno de los conjuntos soldados: metal depositado (dos - conjuntos), soldadura a tope plana (un - conjunto) y soldadura a tope vertical - (un conjunto) por cada uno de los electrodos a ensayar.

Los ensayos se realizaron a temperaturas de 0°C, -10°C y -20°C, dependiendo del grado del electrodo a clasificar. El ensayo a 0°C se efectuó colocando las probetas en una mezcla de agua y hielo, las temperaturas de -10°C y -20°C se lograron con una mezcla de hielo seco y acetona. Las temperaturas fueron controladas por medio de un termómetro de termocupla.

Inicialmente fue necesario realizar algunos ensayos con el propósito de hacer una ubicación inicial del grado en que clasificarán los electrodos.

Las muestras fueron del tipo Charpy con entalla en V maquinadas a las dimensiones de la figura N° 3. Todas las muestras se cortaron con su eje longitudinal perpendicular a la soldadura y la entalla ubicada en el centro de la misma. El equipo utilizado en el presente trabajo fue la máquina de ensayos TINIUS OLSEN de 36,5 Kilogramos - metros de capacidad. La máquina consiste básicamente, en un péndulo oscilante capaz de registrar la energía absorbida al impactar y romper una probeta.

Aunque el ensayo de impacto no proporciona información alguna relativa a las deformaciones y esfuerzos presentes en una pieza, los resultados en cambio son útiles en términos comparativos de la tenacidad de los materiales.

2.6.3. Doblado

El doblado guiado ofrece un medio simple y satisfactorio para obtener un índice de ductibilidad de la soldadura, así como el grado de fusión con el material base.

Se fabricaron dos probetas de cada uno de los conjuntos soldados a Tope en posición plana (un conjunto) y vertical (un conjunto), para cada uno de los electrodos a clasificar. Una de las probetas se usó para doblado de cara y la otra para doblado de raíz.

Todas las muestras se obtuvieron de la sección perpendicular al cordón, de tal forma que la soldadura fue ubicada en la mitad de la probeta. Como se especificó anteriormente el ensayo consistió en doblar la platina de 30 mm. de ancho a un ángulo de 120° alrededor de un mandril con un diámetro igual a tres veces el espesor de la platina.

Un esquema de este ensayo se muestra en la figura N° 9. La máquina utilizada fue la VERSA TESTER, a la que se le adaptó previamente un mandril guía y una base.

2.6.4. Dureza

Las tomas de dureza se efectuaron en cada una de las tres secciones obtenidas de cada conjunto de prueba soldado en ángulo y para cada una de las posiciones que se soldaron los conjuntos: Plana, horizontal, vertical (ascendente) y sobrecabeza. La ubicación de las tomas de dureza se indicaron en la figura N° 8. El método utilizado fue el Rockwel, escala B que tiene como penetrador una bola de acero de 1/16 pulgadas (1.59 mm). de diámetro y aplica una carga de 100 Kg.

2.6.5. Rotura y Fisuración en Caliente

Los ensayos de rotura y fisuración en

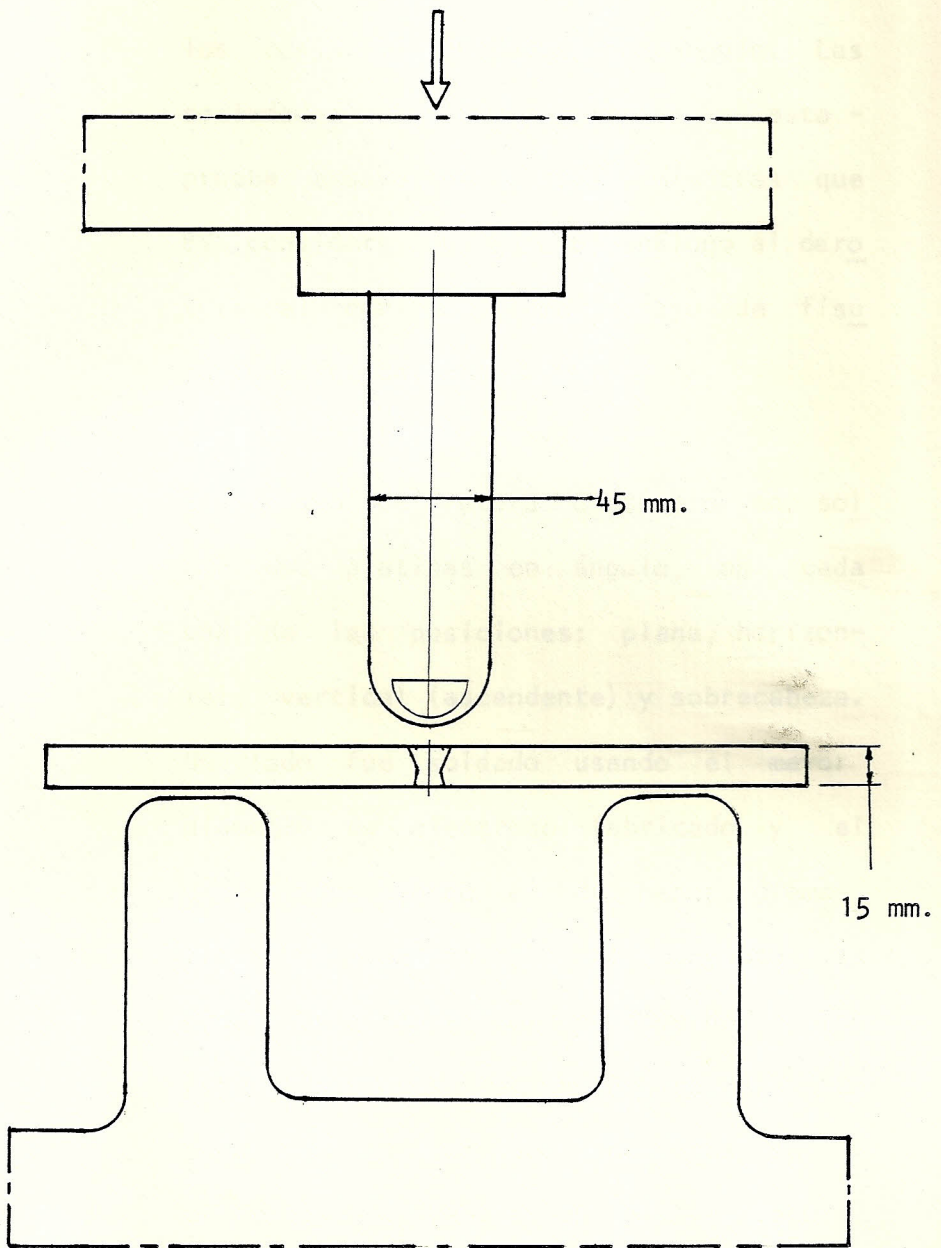


FIGURA N° 9. ESQUEMA DEL ENSAYO DE DOBLADO

caliente son pruebas a efectuarse en los conjuntos soldados en ángulo. Las sociedades ABS, LR y NV llaman a esta prueba ensayo de rotura, mientras que BV considera un ensayo análogo al derotura al que lo llama ensayo de fisuración en caliente.

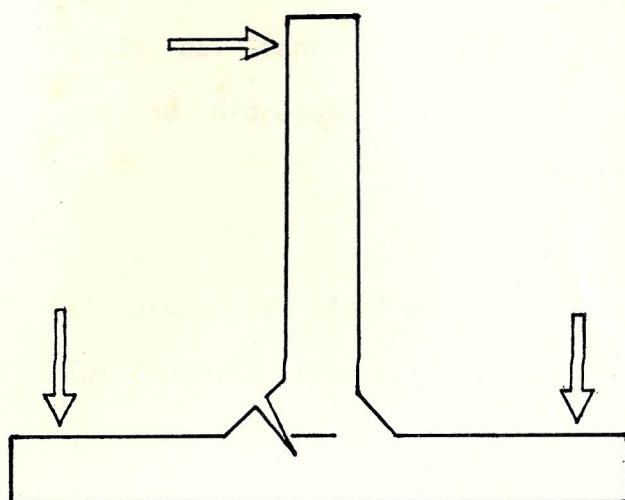
El ensayo de rotura consistió en soldar dos platinas en ángulo, en cada una de las posiciones: plana, horizontal, vertical (ascendente) y sobrecabeza. Un lado fue soldado usando el mayor diámetro de electrodo fabricado y el otro lado usando el de menor diámetro. Una vez soldado el conjunto, se procedió a cortarlo de acuerdo a las especificaciones de la Figura N° 7. En cada una de las dos secciones se practicó una ranura en el un lado, para facilitar la rotura del otro lado. La rotura se hizo posible doblando las planchas en la máquina VERSA-TESTER sometiendo la raíz de la soldadura a tensión. Las superficies fue

ron examinadas posteriormente para evidenciar penetración incompleta, fisuras internas y porosidades . Un esquema - del ensayo se muestra en la figura - Nº 10.

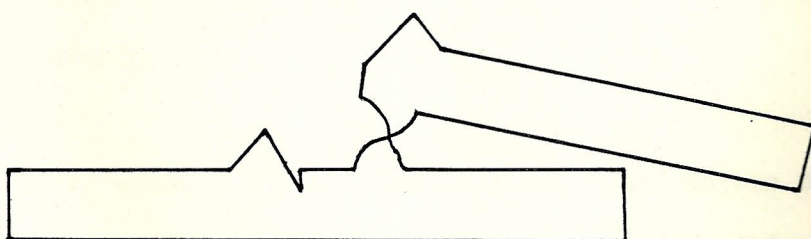
El ensayo de fisuración en caliente es básicamente igual al de rotura, con la diferencia de que se suelda un solo conjunto de prueba en posición plana y la soldadura es realizada con un mismo electrodo por ambos lados , por lo que es suficiente la rotura - de una sección para su análisis.

2.7. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HIDROGENO

La ABS para la realización del ensayo de hidrógeno considera que los electrodos de resistencia elevada sometidos a aprobación de acuerdo a los grados 1Y, 2Y, y 3Y serán sometidos a un ensayo de hidrógeno como se especifica en B.6.3. Los electrodos de resistencia ordinaria que han cumplido los requerimientos para los grados 2 y 3 pueden a



(a)



(b)

FIGURA N° 10: ESQUEMA DE LA REALIZACION DEL ENSAYO DE ROTURA

- a) Conjunto antes de la rotura, ranurado a un lado para facilitar la rotura del otro lado.
- b) Conjunto con la sección fracturada de la soldadura a inspeccionar.

opción del fabricante ser sometidos a un ensayo de hidrógeno como se especifica en B.6.

3.

Del grupo de electrodos seleccionados para su clasificación los electrodos E-6011 y E-6013, son considerados como de resistencia ordinaria. El electrodo E-7018 es descrito por el fabricante como un electrodo con revestimiento de bajo hidrógeno, por lo que, independientemente de la clasificación que este electrodo - pueda obtener, hubo interés de comprobar si el electrodo cumple con los requerimientos necesarios para poder considerarse como de bajo hidrógeno.

El ensayo de hidrógeno tiene por objeto detererminar el contenido de hidrógeno difusible en el metal depositado por los electrodos revestidos. Se admite generalmente que el hidrógeno se encuentra en el hierro y en el acero en tres formas: En estado molecular H_2 - en estado atómico H y en estado de ión hidrógeno o protón H^+ . La primera manifestación del hidrógeno es su fácil difusión a través

de la red cristalográfica del hierro, incluso a la temperatura ordinaria. El hidrógeno difusible vendría pues a constituir aquella porción de hidrógeno que puede atravesar la red del hierro. Evidentemente está constituído por hidrógeno en estado atómico, H, o en estado de protón H^+ , cuyas dimensiones son más reducidas que los intersticios de la red atómica del hierro (Ref. 10).

El método utilizado en el ensayo fue el especificado en B.6.3. y consistió básicamente en la deposición de un sólo cordón de soldadura con el electrodo a ensayar, en cada una de las probetas previstas para el ensayo, las mismas que fueron pasadas previamente. Una vez depositado el cordón y removida la escoria se las enfrió inmediatamente en agua a temperatura ambiente. Seguidamente las probetas fueron colocadas en el colector de hidrógeno mostrado en la figura N° 11, el cual fue construído exprofesamente para este ensayo. El aparato se fabricó a partir de una botella de vidrio a la que se le cortó la base y se le adaptó una bureta gra

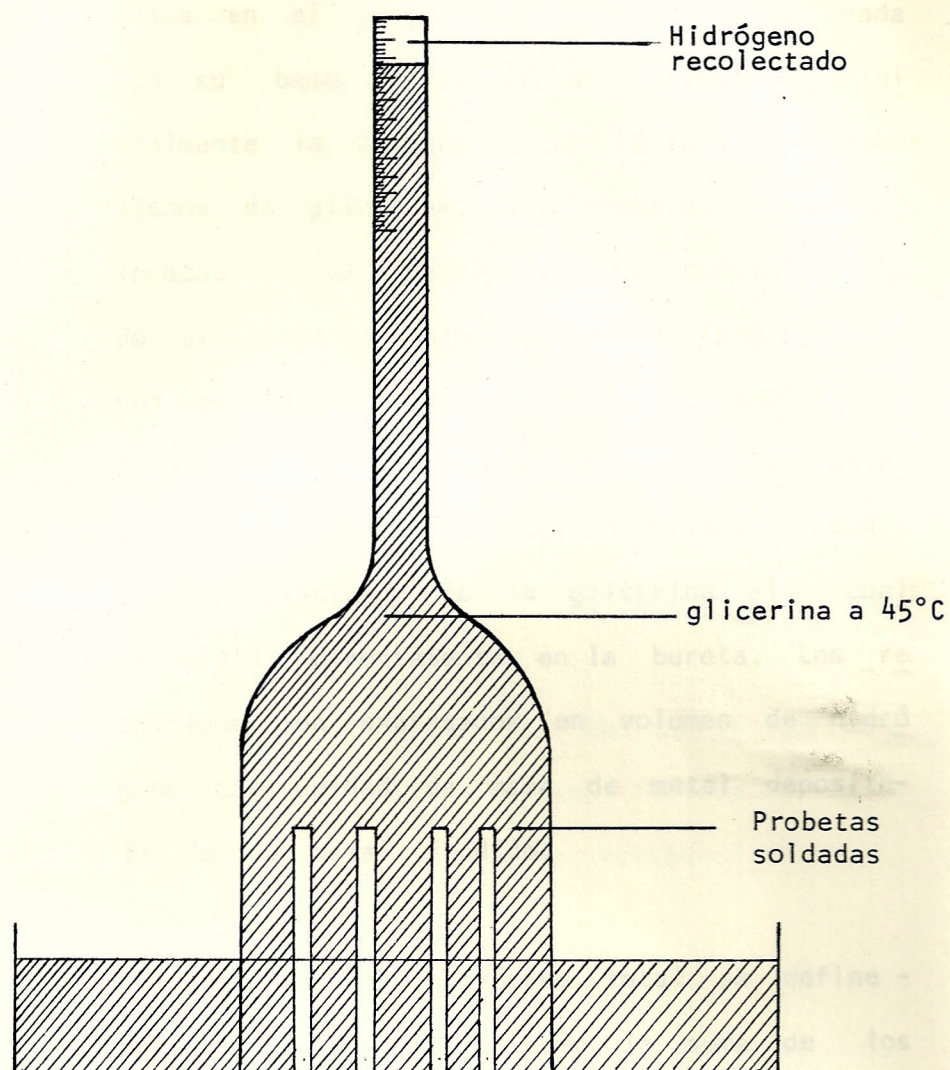


FIGURA N° 11. APARATO COLECTOR DE HIDROGENO POR GLICERINA

duada en el pico. Esta campana es colocada con su base dentro de un recipiente. Inicialmente la campana y el recipiente estaban llenos de glicerina, las probetas fueron colocadas en el interior de la campana y todo el conjunto colocado en el interior de una estufa para mantener así la temperatura requerida por el ensayo. La evolución de hidrógeno difusible del cordón soldado produjo un desplazamiento de la glicerina el cual se midió directamente en la bureta. Los resultados son expresados en volumen de hidrógeno por unidad de masa de metal depositado o de metal fundido.

El contenido de hidrógeno total se define - para estos propósitos como la suma de los contenidos de hidrógeno difusible y residual determinándose este último por extracción en caliente y vacío.

Los resultados del ensayo de hidrógeno para el electrodo E-7018 se indican en el próximo capítulo.

2.8. ANALISIS QUIMICO DEL METAL DEPOSITADO

De acuerdo a lo estipulado por las normas en B.2, el análisis químico del metal depositado deberá ser suministrado por el fabricante. Por lo tanto, en este trabajo no se realizó este ensayo y el análisis químico proporcionado por el fabricante se presentará en el capítulo correspondiente.

2.9. RE-ENSAYOS

Las condiciones de re-ensayos son aplicables en caso de que cualquiera de los ensayos fallara o no cumpliera con los requerimientos establecidos.

En el presente trabajo no se presentó ningún caso de falla de las pruebas realizadas, esto se puede atribuir principalmente: al cuidado que se tuvo en la selección de los electrodos a ensayar, los mismos que fueron obtenidos directamente en la fábrica y que eran de producción reciente, esto con el objeto de evitar la presencia de humedad en el revestimiento de los mismos. También la calificación del soldador que permitió probar la habilidad del mismo y asegurar la realización de uniones relativamente libres de defectos internos. En

cuanto a la realización de los ensayos mecánicos , en el ensayo de impacto se fabricaron muestras adicionales a las establecidas por la norma con el objeto de hacer un tanteo del grado de los electrodos, para así no obtener resultados que hubiesen dado lugar a re-ensayos.

Todas las pruebas fueron realizadas en presencia del supervisor de ABS, tal como lo especifica la norma.

CAPITULO III

ANALISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados de los ensayos radiográficos, mecánicos y determinación de hidrógeno realizados con cada uno de los electrodos a clasificar (E-7018, E-6013 y E-6011).

Una vez inspeccionadas radiograficamente las uniones soldadas y comprobada la calidad de las mismas, se fabricaron los especímenes de prueba previstos para la realización de los ensayos mecánicos. Un esquema de los ensayos efectuados para la clasificación de cada uno de los electrodos se muestra en la tabla XVII.

Primeramente se realizó el ensayo de tensión de los especímenes obtenidos de los conjuntos de metal depositado y soldados a tope. En este ensayo se determinaron los valores de resistencia a la tracción, punto de -fluencia y elongación del metal depositado de soldadura. Estos resultados fueron comparados con los requerimientos mecánicos establecidos para electrodos de resistencia or

TABLA XVII

RESUMEN DE LOS ENSAYOS EFECTUADOS PARA LA CLASIFICACION DE LOS ELECTRODOS E-7018,E-6013,E-6011

(NORMA ABS)

MUESTRA ENSAYADA	POSICION	RADIOGRA.	TENSION	DOBLADO	IMPACTO	DUREZA	ROTURA
METAL DEPOSITADO	F (4)	Si	Si	No	Si	No	No
	F (5)	Si	Si	No	Si	No	No
SOLDADURA A TOPE	F	si	si	si	si	no	no
	H	si	no	no	no	no	no
	V	si	si	si	si	no	no
	OH	si	no	no	no	no	no
SOLDADURA EN ANGULO	F	no	no	no	no	si	si
	H	no	no	no	no	si	si
	V	no	no	no	no	si	si
	OH	no	no	no	no	si	si

Adicionalmente se realizó el ensayo de determinación de hidrógeno para el electrodo E-7018

F(4) . usando electrodos de 4 mm.

F(5): usando electrodos de 5 mm.

dinaria y elevada, a fin de determinar el grupo a que pertenece el electrodo.

De los resultados de los ensayos de impacto realizados en especímenes obtenidos de los conjuntos de metal depositado y soldados a tope, se determinó el grado del electrodo una vez que estos valores cumplieran con los requerimientos establecidos para ese grado.

La clasificación del electrodo viene dada por el grupo y el grado en que se ubique el electrodo, siempre que también se cumplan los requerimientos de los ensayos de doblado, rotura e hidrógeno (si fuera necesario).

3.1. ENSAYO RADIOGRAFICO

Antes de iniciar las pruebas tendientes a la clasificación de los electrodos E-7018, E-6013 y E-6011, se procedió a calificar al soldador para asegurar que las uniones soldadas resultantes estuvieran libres de defectos en lo que a su ejecución se refiere. Para este propósito se utilizaron cuatro conjuntos soldados a tope, uno para cada posición con el electrodo E-7018. El criterio de aceptación

radiográfico aplicado fue el establecido por el Código ASME, Sección IX, descrito en el Capítulo anterior. La longitud de la soldadura examinada para todos los conjuntos fue la totalidad del cordón depositado, aproximadamente 300 mm. En ninguna de las cuatro radiografías se detectaron defectos lineales. Defectos redondeados del tipo porosidad e inclusiones de escoria se presentaron en todos los conjuntos a excepción del plano que se encontró libre de todo defecto. Comparando las radiografías con las cartas indicadoras de defectos redondeados (Apéndice I, Código ASME) se determinó que la cantidad y el tamaño de los defectos encontrados fue inferior a las establecidas por ese rango de espesores. Una vez aprobadas las radiografías, el soldador quedó calificado en el proceso de soldadura utilizado, para realizar soldaduras con electrodos de acero en planchas de acero al carbono con un rango de espesores de 4.7 mm. a 30 mm., en las posiciones: F, H, V y OH.

En el Apéndice A, se presenta el correspondiente certificado de calificación del soldador.

Los resultados del ensayo radiográfico de cada -

uno de los conjuntos de prueba ensayados se muestran en la tabla XVIII. En esta tabla se señalan los tipos de defectos encontrados en cada una de las uniones soldadas y la aceptación o rechazo de las mismas.

Los dos conjuntos de metal depositado soldados con electrodos E-7018, no presentaron ningún tipo de defecto. Las radiografías de las uniones soldadas con electrodos E-6013 y E-6011, presentaron algunas de ellas inclusiones de escoria, porosidades y mordeduras: En ninguno de los casos se presentaron defectos lineales. Los defectos redondeados presentes en las radiografías no afectaron la calidad de ninguna de las uniones soldadas, pues la cantidad de estos defectos se mantuvo en los niveles permisibles. Las mordeduras presentes en algunos conjuntos no afectaron la calidad de los mismos, por cuanto las probetas de ensayo fueron maquinadas a partir del medio espesor del cordón soldado.

3.2. ENSAYOS MECANICOS

a. Ensayo de Tensión:

Los resultados de los ensayos de tensión de los

TABLA XVIII

RESULTADOS DEL ENSAYO RADIOGRAFICO DE LOS CONJUNTOS DE PRUEBA SOLDADOS CON ELECTRODOS: E-7018, E-6013,
E - 6011.

ELECTRODOS	CONJUNTOS	DEFECTOS			ACEPTADA	RECHAZADA
		INCL. ESCORIA	POROSIDAD	MORDEDURA		
E-7018	MD (4) *				X	
	MD (5) *				X	
	$\frac{\text{TOPE}}{\text{F}}$	X		X	X	
	H		X	X	X	
	V	X	X		X	
	OH	X	X		X	
E-6013	MD (4)	X			X	
	MD (5)	X			X	
	$\frac{\text{TOPE}}{\text{F}}$		X		X	
	V	X		X	X	
	OH	X	X		X	
E-6011	MD (4)	X	X		X	
	MD (5)	X			X	
	$\frac{\text{TOPE}}{\text{F}}$		X	X	X	
	V		X	X	X	
	OH	X	X		X	

*MD(4) y (5) - Metal depositado soldado con electrodos de 4 mm. y 5 mm., respectivamente.

conjuntos de metal depositado, soldados con electrodos de 4 mm. y 5 mm. se muestran en la tabla - XIX.

Los resultados de los ensayos de tensión de los conjuntos soldados a tope en posición plana y vertical se indican en la tabla XX. En este ensayo se determinó únicamente la resistencia mecánica de la unión soldada, tal como lo indica la norma de clasificación de electrodos.

No se midió la deformación por cuanto esta sería la suma de las deformaciones del metal base más la de la soldadura. El punto de fluencia tampoco se determinó ya que las probetas pueden romper en la zona de la soldadura en la del metal base o en el límite entre ambas y la fluencia medida podría ser la del metal base o la de la zona de soldadura. La rotura de la probeta fuera de la soldadura es aceptable pues la resistencia mecánica del metal base ($46.3 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$) se halla dentro del rango de tensiones requeridas para los electrodos de resistencia ordinaria (Tabla II). Por otra parte la rotura en el metal base significa que la soldadura tendrá una resistencia mayor.

TABLA XIX

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TENSION EN LOS CONJUNTOS DE METAL DEPOSITADO

ELECTRODO	DIAMETRO (mm)	RESISTENCIA TENSION (Kg/mm ²)	LIMITE DE FLUENCIA (Kg/mm ²)	ELONGACION %
E-7018	5	46.1	37.6	24.0
	4	49.4	37.8	23.0
E-6013	5	48.1	37.6	24.4
	4	48.3	40.5	22.0
E-6011	5	46.5	35.8	22.2
	4	51.6	40.9	22.2

....

TABLA XX

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TENSION EN LOS CONJUNTOS SOLDADOS A TOPE

ELECTRODO	POSICION	RESISTENCIA TENSION(Kg/mm ²)	OBSERVACIONES
E-7018	Plana (F)	54	Rompió en metal base
	Vertical (V)	55.3	Rompió en soldadura
E-6013	Plana (F)	49.2	Rompió en metal base
	Vertical (V)	49.7	Rompió en metal base
E-6011	Plana (F)	52.2	Rompió en metal base
	Vertical (V)	48.4	Rompió en soldadura

Los requerimientos mecánicos para el ensayo de tensión en conjuntos soldados con electrodos de resistencia ordinaria y elevada según las normas A.B.S. (Tablas II y III), eran los siguientes:

ELECTRODOS DE RESISTENCIA ORDINARIA

RESISTENCIA A LA TENSION	41 - 57 Kg/mm ²
PUNTO DE FLUENCIA, MIN.	31 Kg/mm ²
ELONGACION EN 50 mm. MIN. %	22.0

ELECTRODOS DE RESISTENCIA ELEVADA

RESISTENCIA A LA TENSION	50 - 67 Kg/mm ²
PUNTO DE FLUENCIA, MIN.	38 Kg/mm ²
ELONGACION EN 50 mm. min. %	20.0

Comparando estos requerimientos con los resultados de los ensayos tenemos que: para el electrodo - E-7018, los valores de resistencia a la tensión, esfuerzo de fluencia y elongación se hallan dentro del rango de valores establecidos para electrodos de resistencia ordinaria. La resistencia

a la tensión de los conjuntos soldados a tope podrían ubicarlo en el grupo de electrodos de resistencia elevada, pero como no se cumplen estos requerimientos en el ensayo de metal depositado, este electrodo se ubica definitivamente en el grupo de resistencia ordinaria. De la misma forma los electrodos E-6013 y E-6011, se encuentran en el grupo de resistencia ordinaria. Valores aislados pueden satisfacer los requerimientos de electrodos de resistencia elevada pero no ubicarlo en ese grupo porque necesariamente todas las pruebas deberían cumplir sus requerimientos.

De los resultados obtenidos se puede observar - que no existe mayor variación de las propiedades mecánicas en los ensayos de tensión efectuados con cada uno de los electrodos a clasificar, esto puede ser debido principalmente a que los tres electrodos son fabricados con el mismo tipo de alambón. Se puede también establecer que las pequeñas variaciones en la composición química del metal depositado por cada uno de los electrodos, producida por la adición de elementos aleantes en el revestimiento de los

electrodos, no tiene un efecto significativo sobre sus propiedades mecánicas de tensión.

Las pequeñas variaciones en las propiedades mecánicas en tensión de los electrodos pueden en parte ser producidas por condiciones propias del proceso de soldadura manual como son: diferencias en la velocidad de deposición, tiempo transcurrido entre pasadas, tratamiento térmico a que es sometida la junta, etc.

b. Ensayo de impacto:

Los resultados de los ensayos de impacto en los conjuntos de metal depositado soldados con electrodos de 4 mm. y 5 mm., y de los conjuntos soldados a tope en posición plana y vertical, con cada uno de los electrodos: E-7018, E-6013 y E-6011, se muestran en las tablas XXI, XXII y XXIII, respectivamente.

Puesto que todos los electrodos clasificaron en el grupo de electrodos de resistencia ordinaria, es necesario indicar los requerimientos de impacto para ese grupo de electrodos según la norma

TABLA XXI

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE IMPACTO DE LOS CONJUNTOS SOLDADOS CON
ELECTRODOS E - 7018

METAL DEPOSITADO (ELECTRODOS 5 mm)			
PROBETA N°	Temp. °C	ENERGIA (Kg-m)	ENERGIA PROM. (Kg-m)
1	-10	11.8	11.4
2	-10	13.2	
3	-10	9.2	
METAL DEPOSITADO (ELECTRODOS 4 mm)			
4	-10	18.0	17.5
5	-10	17.0	
6	-10	17.4	
SOLDADURA A TOPE PLANA			
7	-10	9.0	9.2
8	-10	9.8	
9	-10	8.7	
SOLDADURA A TOPE VERTICAL			
10	-10	1.2	2.5
11	-10	3.8	
12	-10	2.6	

TABLA XXII

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE IMPACTO DE LOS CONJUNTOS SOLDADOS
CON ELECTRODOS E - 6013

METAL DEPOSITADO (ELECTRODOS 5 mm)			
PROBETA N°	TEMP. °C	ENERGIA (Kg-m)	EMERGIA PROM. (Kg-m)
1	0	7.9	6.8
2	0	5.0	
3	0	7.7	
METAL DEPOSITADO (ELECTRODOS 4 mm)			
4	0	2.1	5.3
5	0	8.9	
6	0	5.0	
SOLDADURA A TOPE PLANA			
7	0	9.3	6.2
8	0	4.9	
9	0	4.5	
SOLDADURA A TOPE VERTICAL			
10	0	4.8	4.5
11	0	2.6	
12	0	6.0	

TABLA XXIII

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE IMPACTO DE LOS CONJUNTOS SOLDADOS CON
ELECTRODOS E - 6011

METAL DEPOSITADO (ELECTRODOS 5mm)			
PROBETA N°	TEMP. °C	ENERGIA (Kg-m)	ENERGIA PROM(Kg-m)
1	0	10.6	13.0
2	0	13.6	
3	0	14.8	
METAL DEPOSITADO (ELECTRODOS 4 mm)			
4	0	8.2	8.26
5	0	7.6	
6	0	9.0	
SOLDADURA A TOPE PLANA			
7	0	9.2	10.0
8	0	10.7	
9	0	10.1	
SOLDADURA A TOPE VERTICAL			
10	0	5.0	5.9
11	0	6.8	
12	0	5.9	

A.B.S (Tabla II), a fin de establecer el grado de cada uno de ellos.

REQUERIMIENTOS DE IMPACTO PARA ELECTRODOS DE RESISTENCIA

ORDINARIA				
GRADOS	1	2	3	
Temp. ensayo °C	20	0	-20	-10
Energía absorbida				
Kg-m.	4.8	4.8	4.8	6.2

De acuerdo a lo establecido por la norma en A.8 y A.11, el valor promedio de los tres especímenes de impacto deberá cumplir con el valor requerido, esto es para todos los conjuntos de prueba con excepción del conjunto soldado a tope en posición vertical, para el que se establece en B.4.3, que los resultados serán reportados para información solamente.

Para el electrodo E-7018, se efectuaron dos pruebas de ubicación a 20°C y 0°C, en ambos casos la energía absorbida 15.8 Kg-m y 10.4 Kg-m, respectivamente, fue alta comparada con la energía requerida para esos grados, por lo que se ensayó a -10°C para

ubicarlo en el grado 3. Los resultados de los ensayos fueron satisfactorios pues en todas las pruebas se superó el valor de energía requerida para ese grado (6.2 Kg-m). Si bien en los ensayos efectuados se supera ampliamente la energía requerida, no es posible una mayor clasificación del electrodo puesto que el grado 3 es lo máximo para un electrodo de resistencia ordinaria.

De los resultados obtenidos se puede ver que existe una gran variación de los valores de energía de impacto, estas diferencias se pueden deber a lo siguiente: Variaciones normales del ensayo por lo crítico del maquinado de la entalla, a los distintos tratamientos térmicos a que son sometidos cada uno de los conjuntos durante la soldadura, por diferencias en la velocidad y tiempo transcurrido entre pasadas. Diferencias en la velocidad de soldadura es posiblemente una de las principales causas de la disminución de la energía de impacto en el conjunto soldado a tope en posición vertical, en el cual dicha velocidad fue bastante más baja que en posición plana y horizontal, lo que pro

dujo una mayor introducción de calor en la junta, y una disminución de su tenacidad. Adicionalmente los resultados del ensayo radiográfico (Tabla - XVIII), indican que los conjuntos soldados en posición vertical y sobrecabeza son los que presentan mayor cantidad de defectos, debido a la mayor dificultad de ejecución de las soldaduras en estas posiciones. Algunos de estos defectos - bien se pudieron encontrar en las probetas ensayadas causando una notable disminución de la - energía de impacto.

Con el electrodo E-6013 se realizaron dos pruebas a -20°C para el grado 3, pero las energías medidas (4.4 Kg-m y 2.0 Kg-m) resultaron inferiores a las requeridas para ese grado por lo que se probó a 0°C para el grado 2. Todos los valores de energía promedio cumplieron con el valor requerido para ese grado (4.8 Kg-m). La probeta número 4 dió un valor de energía bajo comparado con el resto de ensayos, lo cual es una situación - normal en la realización de pruebas de impacto y una de las razones para no considerar valores - aislados sino promedio de un grupo de muestras. De los resultados de los ensayos de este elec

trodo se puede observar que no existe una mayor variación de los mismos, solamente una disminución de la energía de impacto en el conjunto soldado a tope vertical, lo cual puede considerarse normal para esta posición, de acuerdo a lo explicado anteriormente.

El electrodo E-6011, se ensayó inicialmente a -20°C para el grado 3, pero los valores de energía obtenidos (1.7 Kg-m y 2.5 Kg-m) resultaron - bastante bajos para ese grado, por lo que se ensayó a 0°C para el grado 2. Todas las pruebas realizadas fueron satisfactorias por lo que el electrodo clasificó en este grado. Si bien los valores de energía promedio son altos respecto al valor requerido para el grado 2 (4.8 Kg-m), no se pudo obtener una mayor clasificación de electrodo ya que las pruebas efectuadas a -20°C mostraron un comportamiento frágil del metal depositado por el electrodo a esa temperatura. Las variaciones de los valores de energía de impacto obedecen a las mismas causas - que las establecidas para el electrodo E-7018.

c. Ensayo de doblado:

Los resultados de los ensayos de doblado de cara y de raíz en los conjuntos soldados a tope, en posición plana y vertical con cada uno de los electrodos: E-7018, E-6013 y E-6011, se muestran en la tabla XXIV. En esta tabla se indica las observaciones efectuadas en la superficie tensionada de la probeta. En ninguna de las muestras se observó defecto alguno en la superficie sometida a compresión.

Los resultados de los ensayos de cada uno de los tres electrodos fueron satisfactorios. La norma admite que durante el doblado se puedan producir fisuras o defectos en la cara sometida a tensión, siempre que estos no excedan de 3.2 mm. En las pruebas realizadas se desarrollaron fisuras en algunas de las probetas pero en ninguno de los casos estas llegaron al valor límite establecido. La fisura que mayor tamaño presentó fue 2.6 mm. (E-6013, conjunto vertical). Las fisuras desarrolladas en algunas probetas pudieron ser producidas por escorias o porosidades presentes en pequeñas cantidades en los conjuntos ensayados. Nin

TABLA XXIV
 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DOBLADO DE LOS CONJUNTOS SOLDADOS
 CON ELECTRODOS E-7018, E-6013, E-6011

ELECTRODO E - 7018		
POSICION DE CONJUNTOS	TIPO DE DOBLADO	OBSERVACIONES
PLANA	Cara	Fisura aprox. 1 mm.
	raíz	Fisura aprox. 1 mm.
VERTICAL	Cara	no se observaron fisuras
	raíz	no se observaron fisuras
ELECTRODO E - 6013		
PLANA	Cara	No se observaron fisuras
	raíz	Fisura aprox. 1 mm.
VERTICAL	Cara	Fisura aprox. 2.6 mm
	raíz	Fisura aprox. 2.6 mm.
ELECTRODO E - 6011		
PLANA	Cara	No se observaron fisuras
	raíz	no se observaron fisuras
VERTICAL	Cara	Fisura aprox. 2.2 mm
	raíz	no se observaron fisuras

guna de las fisuras se presentó en el límite en tre la zona del metal fundido y el metal base lo que indica que existió un buen grado de fu sión entre ambas partes.

d. Ensayo de dureza:

Los resultados del ensayo de dureza efectuados en cada uno de los conjuntos soldados en ángulo con los electrodos E-7018, E-6013 y E-6011, se indican en la tabla XXV. Cada una de las lecturas de du reza representa el valor promedio de cada una de las tres secciones obtenidas de cada conjunto sol dado. La dureza de la zona del metal fundido de be cumplir con los valores equivalentes estableci dos para los electrodos de resistencia elevada (80 Rockwell B, mínimo). Para los electrodos de resis tencia ordinaria la norma establece que las lec turas de dureza del metal fundido, zona afectada por el calor y metal base serán reportadas para in formación solamente. Puesto que todos los electro dos ensayados se ubicaron en el grupo de resis tencia ordinaria, estos no deberán cumplir ningún requerimiento de dureza. Los valores de dureza - presentados en la tabla XXV son bastante similares,

TABLA XXV

RESULTADOS DEL ENSAYO DE DUREZA EN LOS CONJUNTOS SOLDADOS EN ANGULO CON
ELECTRODOS: E-7018, E-6013 Y E-6011

ELECTRODOS	POSICION DE SOLDADURA	DUREZA ROCKWELL B		
		ZF	ZAC	MB
E-7018	F	89	90	77
	H	90	88	78
	V	91	88	77
	OH	91	90	79
E-6013	F	92	88	75
	H	94	88	77
	V	95	90	74
	OH	92	87	75
E - 6011	F	93	87	77
	H	93	85	75
	V	94	96	76
	OH	95	85	76

ZF: Zona del metal fundido

ZAC: Zona afectada por el calor

MB: Metal base

a excepción de la dureza en la zona del metal fundido del conjunto soldado con el electrodo E-7018.

e. Ensayo de rotura:

Los resultados del ensayo de rotura realizados en cada uno de los conjuntos soldados en ángulo, con los electrodos: E-7018, E-6013 y E-6011, se indican en la tabla XXVI. El criterio de aceptación para este ensayo señala que las superficies fracturadas deberán examinarse para comprobar si no existe evidencia de penetración incompleta o fisuras internas y estar razonablemente libre de porosidades. Las pruebas efectuadas con el electrodo E-7018, resultaron sin ningún tipo de defecto interno tanto en el cordón soldado con electrodos de 3.25 mm., como en el cordón soldado con electrodos de 5 mm. En los conjuntos soldados con electrodos E-6013 se observó una porosidad alargada en el conjunto vertical y pequeñas porosidades en el conjunto sobrecabeza, ambos en el cordón soldado con electrodos de 3.25 mm. Estos defectos fueron de dimensiones reducidas que no afectaron mayormente la calidad de la unión sol

TABLA XXVI

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ROTURA DE LOS CONJUNTOS SOLDADOS CON
ELECTRODOS: E-7018, E6013, Y E-6011

ELECTRODO	POSICION DE SOLDADURA	RESULTADO CORDON 3.25mm.	RESULTADO CORDON 5 mm.
E-7018	F	Satisfactorio	satisfactorio
	H	Satisfactorio	satisfactorio
	V	Satisfactorio	satisfactorio
	OH	Satisfactorio	satisfactorio
E-6013	F	Satisfactorio	Satisfactorio
	H	satisfactorio	satisfactorio
	V	satisfactorio (porosidades)	satisfactorio
	OH	satisfactorio (porosidades)	satisfactorio
E - 6011	F	satisfactorio	satisfactorio
	H	satisfactorio	satisfactorio
	V	satisfactorio	satisfactorio (porosidades)
	OH	satisfactorio (Porosidades)	satisfactorio

dada, por lo que se consideraron las pruebas como satisfactorias. Así mismo en los conjuntos soldados con electrodos E-6011 presentaron porosidades en uno de los conjuntos soldados en posición vertical (cordón 5 mm) y en el conjunto soldado en sobrecabeza (cordón 3.25 mm) . Las porosidades fueron de dimensiones reducidas y se presentaron en cantidades relativamente bajas.

Los conjuntos de prueba que presentaron defectos fueron aquellos soldados en posición vertical y sobrecabeza. Estas posiciones son las de mayor dificultad de ejecución y por lo tanto con susceptibles del aparecimiento de irregularidades.

3.3. CONTENIDO DE HIDROGENO

La determinación del contenido de hidrógeno - del metal depositado por el electrodo E-7018 , se efectuó siguiendo el procedimiento especificado en B.6.3 y utilizando para ello el colector de hidrógeno construido para este propósito.

La cantidad de metal depositado en las cuatro probetas fue de 45.8 gr. El volumen total de hidrógeno recolectado fue de 1.2 ml., a la temperatura de ensayo (45°C). Este volumen debe ser corregido según especifica la norma a la temperatura de 20°C y a una atmósfera de presión. (Ver figura N° 12).

La corrección del volumen total de hidrógeno se la efectúa con el siguiente análisis:

$$H = 32.5 \text{ cm.}$$

$$D = 1.28 \frac{\text{gr}}{\text{ml}} \text{ (densidad de la glicerina a } 45^{\circ}\text{C)}$$

$$P_b = P_a + DH$$

$$P_b = P_c = P_{\text{atm.}}$$

$$P_a = P_{\text{atm}} - D H$$

$$P_a = 1.029 - \frac{1.28}{1000} \times 32.5 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$P_a = 0.987 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \text{ (presión del hidrógeno a } 45^{\circ}\text{C)}$$

Aplicando la ecuación de los gases ideales tenemos:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

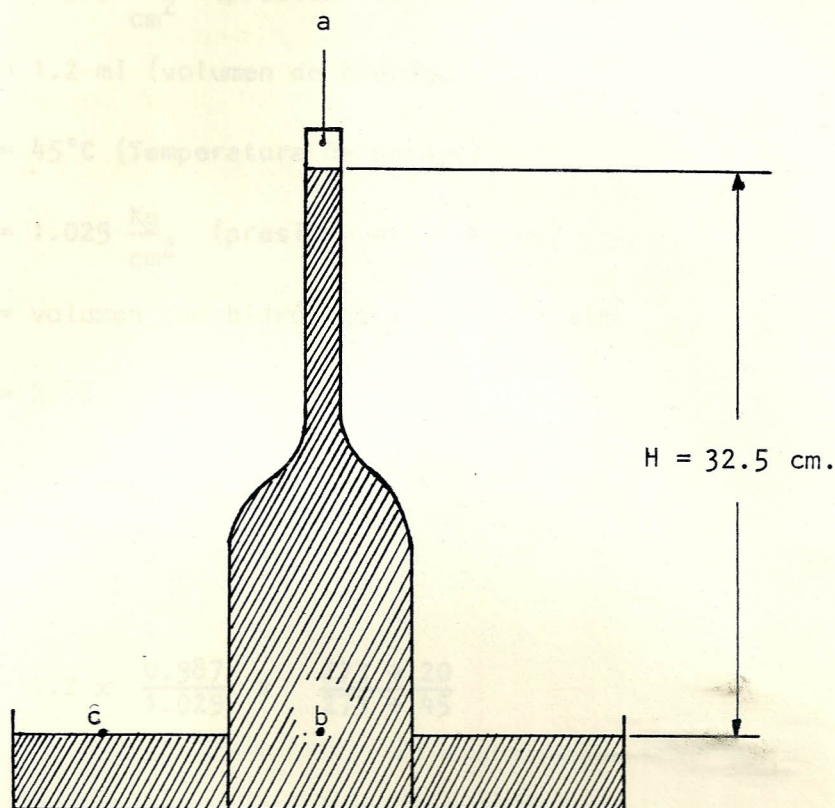


FIGURA Nº 12. ESQUEMA PARA LA CORRECCION DEL VOLUMEN TOTAL
DE HIDROGENO.

$$P_1 = 0.987 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \quad (\text{presión del hidrógeno a } 45^\circ\text{C})$$

$$V_1 = 1.2 \text{ ml} \quad (\text{volumen de hidrógeno a } 45^\circ\text{C})$$

$$T_1 = 45^\circ\text{C} \quad (\text{Temperatura de ensayo})$$

$$P_2 = 1.029 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \quad (\text{presión atmosférica})$$

$$V_2 = \text{volumen de hidrógeno a } 20^\circ\text{C y 1 atm.}$$

$$T_2 = 20^\circ\text{C}$$

$$V_2 = V_1 \times \frac{P_1}{P_2} \times \frac{T_2}{T_1}$$

$$V_2 = 1.2 \times \frac{0.987}{1.029} \times \frac{273 + 20}{273 + 45}$$

$$V_2 = 1.060 \text{ ml.}$$

$$\frac{\text{volumen de hidrógeno}}{\text{metal depositado}} = \frac{1.06 \text{ ml}}{45.8 \text{ gr}} = 0.023 \frac{\text{ml}}{\text{gr}}$$

La cantidad de hidrógeno medido es entonces 0.023 ml. por gramo de metal depositado. Si se compara este valor con el de 0.1 ml., por gramo de metal depositado, que es el valor máximo establecido para los electrodos de resistencia ordinaria, se puede concluir que dicho valor está muy por debajo de ese límite. El valor de 0.023, es in

cluso más bajo que el establecido para los electro
dos de resistencia elevada (0.05 ml por gramo de me
tal depositado), lo cual permite confirmar que el elec
trodo E-7018 es efectivamente de bajo hidrógeno. El va
lor de 0.023 está de acuerdo a lo establecido por la
literatura de soldadura, que clasifica a los electro-
dos de bajo hidrógeno como aquellos conteniendo dos -
centímetros cúbicos de hidrógeno por cada cien gramos
de metal depositado es decir 0.02 ml/gr.(Ref.11).

3.4. ANALISIS QUIMICO

El análisis químico del metal depositado, suministrado
por el fabricante para cada uno de los electrodos en
sayados se presenta en la tabla XXVII.

La composición química del metal depositado de los
tres tipos de electrodos clasificados pudo haber sido
determinada también experimentalmente o por el méto
do analítico de la dilución*. Con este método sin
embargo los resultados de los tres electrodos -
hubieran sido iguales, ya que el metal base es
el mismo y la varilla con que son fabricados -
los electrodos es la misma. Entonces resultados más

$$*Dilución = \frac{\text{peso del metal base fundido}}{\text{peso total de metal fundido}}$$

$$\% \text{ Elemento} = \frac{\% \text{ dilución} \times \% \text{ elemento en metal base} + (100 - \% \text{ dilución}) \times \% \text{ elemento en electrodo.}}{100}$$

TABLA XXVII

ANALISIS QUIMICO DEL METAL DEPOSITADO POR LOS ELECTRO
DOS: E-7018, E-6013 y E-6011, SUMINISTRADO POR EL
FABRICANTE .

ELECTRODO	C (%)	Mn (%)	Si (%)
E-7018	0.06	0.85	0.65
E-6013	0.09	0.60	0.3 - 0.4
E-6011	0.06 - 0.07	0.4-0.5	0.25

precisos son los dados por el fabricante.

3.5. CLASIFICACION DE ELECTRODOS

Los resultados de la clasificación de los electrodos E-7018, E-6013 y E-6011, se efectuaron de acuerdo a la norma del American Bureau of Shipping. Los resultados de estos ensayos se expusieron en este capítulo y se compararon con los requerimientos establecidos por esta sociedad para su clasificación. Estos mismos ensayos se van a utilizar a fin de establecer si es factible la clasificación de dichos electrodos con el resto de sociedades.

La clasificación obtenida por cada uno de los electrodos de acuerdo a la norma A.B.S es la siguiente:

ELECTRODO	CLASIFICACION (A.B.S)
E-7018	Grado 3H
E-6013	Grado 2
E-6011	Grado 2

El sufijo H después del número de grado significa electrodo de bajo hidrógeno.

Con el propósito de comparar los resultados de los ensayos efectuados con los requerimientos para la clasificación de electrodos establecidos por las sociedades: Lloyd's Register of Shipping, - Bureau Veritas y Det Norske Veritas, hay que referirse a la sección 1.3, donde se realizó un análisis de los requerimientos establecidos por cada una de las sociedades clasificadoras.

a. Metal base:

El metal base que se utilizó para la preparación de todos los conjuntos de prueba (Norma A.B.S), sirve igualmente para L.R, B.V y N.V.

b. Ensayo de Tensión:

Comparando los resultados de los ensayos de tensión efectuados en conjuntos de metal depositado y soldados a tope, con los requerimientos establecidos por las diferentes sociedades (Tablas - VIII y X), se tiene que: de acuerdo a las

normas L.R y B.V, los electrodos ensayados se ubicarían en el grupo de electrodos de resistencia ordinaria, pero estas sociedades piden un ensayo de tensión en el conjunto soldado a tope en posición sobrecabeza, el cual deberá cumplir con los mismos requerimientos establecidos para los conjuntos soldados a tope en posición plana y vertical. Este ensayo no es requerido por A.B.S, por lo que no se efectuó esta prueba. Será necesario pues efectuar esta prueba para que los electrodos puedan clasificar con dichas sociedades.

De acuerdo a la norma N.V, los resultados de los ensayos de tensión en metal depositado, clasifican a los electrodos ensayados en el grupo de resistencia ordinaria. Esta sociedad no considera ningún ensayo de tensión en conjuntos soldados a tope, para los electrodos de resistencia ordinaria.

c. Ensayo de Impacto: que considere las condiciones

Todas las sociedades clasificadoras consideran la realización de ensayos de impacto en los con

juntos de metal depositado y en los conjuntos soldados a tope en posición plana y vertical. Para los electrodos de resistencia ordinaria los requerimientos para ensayos de impacto en metal depositado y soldados a tope en posición plana, son los mismos para todas las sociedades. Por lo tanto, la clasificación de los electrodos según A.B.S, sería extensible para el resto de sociedades, siempre que además se cumplan los requerimientos establecidos por cada una de ellas para los ensayos en el conjunto soldado a tope en posición vertical (Tabla XI), lo cual es pedido para información solamente por A.B.S.

5. Ensayo de Doblado

Para el electrodo E-7018, la energía promedio del ensayo de impacto a tope vertical fue 2.5Kg-m. (24.8 joules) a -10°C., comparando este valor con los requerimientos establecidos para electrodos de grado 3 (Tabla XI), se observa que no cumple con los requerimientos de L.R, B.V y N.V, por lo que no puede clasificar con estas sociedades. Para hacerlo habría que considerar las condiciones de reensayo establecidas en estos casos.

En caso, Para no se pueda conde-

Para el electrodo E-6013. la energía promedio

del ensayo de impacto a tope vertical fue 4.5 Kg-m (43.7 joules). Con esta energía el electrodo puede clasificar con las sociedades L.R y N.V en grado 2. El electrodo no clasifica con B.V por cuanto esta sociedad pide una energía de 47 joules para este ensayo.

La energía promedio del ensayo de impacto a tope vertical para el electrodo E-6011 fue 5.9 Kg-m (57.8 joules), con esta energía el electrodo puede clasificar con cada una de las sociedades: L.R, B.V y N.V en grado 2.

d. Ensayo de Doblado:

Los resultados del ensayo de doblado efectuados de acuerdo a la norma A.B.S son también satisfactorios para L.R, pero no suficientes; ya que L.R al igual que B.V consideran también este ensayo para el conjunto soldado a tope en sobrecabeza, el cual no es pedido por A.B.S. Además, L.R - acepta fisuras superficiales hasta de 3 mm., ninguna de las muestras ensayadas mostró defectos de ese tamaño. Pero no se puede considerar aprobado el ensayo por la razón ya expuesta.

B.V considera que las probetas no podrán desarrollar ningún tipo de fisura durante el ensayo, y puesto que por lo menos una de las probetas del conjunto ensayado para cada electrodo mostró estos defectos, no se puede considerar este ensayo como satisfactorio, siendo necesario remitirse a las condiciones de reensayo establecidas por esta sociedad para tratar de clasificar los electrodos.

N.V no requiere ensayo de doblado en el caso de electrodos de resistencia ordinaria.

e. Ensayo de dureza:

Para el caso de electrodos de resistencia ordinaria, las sociedades A.B.S, L.R y N.V piden reportar los resultados de este ensayo solamente para información. B.V no considera este ensayo.

f. Ensayo de rotura:

Los resultados del ensayo de rotura son igualmente válidos para L.R, B.V y N.V, puesto que los

requerimientos establecidos para este ensayo - por cada una de las sociedades son los mismos que los considerados por A.B.S.

g. Ensayo de Hidrógeno:

Los resultados obtenidos del ensayo de hidrógeno con el electrodo E-7018, cumplen con los requisitos exigidos por: L.R, B.V y N.V.

Resumiendo el análisis efectuado, se tiene - que ninguno de los electrodos ensayados puede clasificar con L.R debido a que faltaría - realizar los ensayos de tensión y doblado en los conjuntos soldados a tope en sobrecabeza. Además el electrodo E-7018 no cumple con los requerimientos para el ensayo de impacto en soldadura a tope vertical.

Con B.V tampoco clasifica ninguno de los electrodos ya que faltaría realizar los ensayos - de tensión y doblado en los conjuntos soldados a tope en sobrecabeza. Los ensayos de doblado efectuados en conjuntos soldados a tope plano y vertical tampoco cumplen con los requerimientos establecidos. Finalmente los elec-

trodos E-7018 y E-6013, no cumplen los requé
rimientos para los ensayos de impacto en
soldadura a tope vertical.

De acuerdo a la norma N.V los electrodos:
E-6013 y E-6011 clasifican en grado 2, igual
que A.B.S. El electrodo E-7018, no clasifica
con esta sociedad por cuanto no cumple con
los requerimientos para el ensayo de impac-
to en soldadura a tope vertical.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Electrodo para soldadura manual al arco eléctrico de fabricación nacional, del tipo AWS: E-7018, E-6013 y E-6011, clasificaron de acuerdo a las normas de la Sociedad American Bureau of Shipping, lo cual los habilita para realizar trabajos de construcción y mantenimiento de buques clasificados por esta sociedad. Esto constituye un impulso para la industria nacional de la fabricación de electrodos.
2. La clasificación de electrodos para soldadura manual al arco eléctrico es un proceso que debe realizarse con mucha responsabilidad y cuidado. Los resultados de esta clasificación dependen en gran parte: del proceso de fabricación y cuidado de los electrodos, de la forma de preparación de los conjuntos de prueba que incluye contar con un soldador calificado, de una correcta selección de parámetros de soldadura, y de una correcta obtención de muestras de ensayo y ejecución de los mismos.
3. Las normas para la clasificación de electrodos para

soldadura manual al arco eléctrico establecidas por - las sociedades clasificadoras: American Bureau of Shipping Lloyd's Register of Shipping, Bureau Veritas y Det Norske Veritas, son muy similares entre sí; diferenciándose básicamente en algunos requerimientos exigidos en los ensayos mecánicos y la necesidad de ejecutar - algunas pruebas en conjuntos soldados en posición so brecabeza para soldaduras a tope.

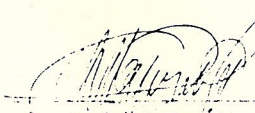
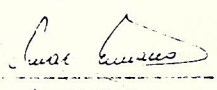
4. El proceso de clasificación de electrodos reviste mu cha importancia para la industria de su fabricación. Por esta razón se recomienda que todos los fabricantes nacionales de electrodos de soldadura, realicen - el proceso de clasificación con aquellas sociedades con las que trabajan principalmente los astilleros navales del país.
5. Se recomienda concluir los ensayos y reensayos adicionales al American Bureau of Shipping, previstos por - las Sociedades Clasificadoras: Lloyd's Register of Shipping, Bureau Veritas y Det Norske Veritas, a fin de procurar la clasificación de los electrodos E-7018, E-6013 y E-6011 con estas sociedades.

APENDICE A



CERTIFICADO DE CALIFICACION DE SOLDADOR

Escuela Superior Politécnica del Litoral
Departamento de Ingeniería Mecánica

Nombre <u>Washington Gallo</u>		Nº <u> </u>
Empresa <u>SAVE</u>		
Calificado de acuerdo al Código <u>ASME, Sec. IX</u>		
Proceso de Soldadura <u>Eléctrica con electrodo revestido (SMAW)</u>		
Material base <u>Acero al Carbono P - 1</u>	Especificación <u>SA-283, Grado D</u>	
Geometría: ☒ Plancha	Dimensiones:	Diámetro <u> </u>
☐ Tubería		Espesor <u>15 mm</u>
☐ Angulo		
Material de aportación <u>Electrodo AWS 7018</u>	Especificación <u>SFA-5.1 & 5.5</u>	
Marca <u>AGA B 10</u>	Diámetro <u>4 mm</u>	
Gas protector <u>-</u>	Caudal <u>-</u>	
Características eléctricas: Corriente <u>CA</u>		
Polaridad <u>-</u>		
Tipo de junta <u>Biselada en V de 60°</u>	Penetración: ☐ Directa	☒ Cordón de sellado
		☐ Respaldo
Posición de soldadura calificada <u>2 G, 3G, 4 G</u>		
Rango de espesores calificados <u>4.7 mm a 30 mm</u>	Diámetros <u> </u>	
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS		
Visual <u>Aceptable</u>	Radiografía <u>Aceptable</u>	
Mecánicos <u>-----</u>		
Macrográfico <u>-----</u>		
RESULTADO FINAL <u>APTO</u>	Fecha <u>Agosto, 5 de 1983</u>	
 Director de Departamento Ing. Gonzalo Aspiazu S.  DEPTO. DE INGENIERIA MECANICA  Inspector Ing. Omar Serrano		

BIBLIOGRAFIA

1. LA DAGE,JOHN. Modern Shipps, Maritime Press. Cambridg, - Maryland, 1973.
2. VARGAS ANGEL. Importancia Técnica de las Sociedades de Clasificación de Buques, Revista Poligira, ESPOL, 1980.
3. La Industria Naval en los países de la ALALC (Asociación Latinoamericana de Libre Comercio). Tomo I,1970.
4. DE ROOIJ IR, G. Practical Shipbuilding, Vol. III A, The Tecnical Publishing Company, Stam., N.V, 1961.
5. Approved Welding Electrodes Wire - Flux and Wire - Gas Combinations, American Bureau of Shipping, U.S.A.,1979.
6. Rules and Regulations for the Clasification of Ships . Lloyd's Register of Shipping, Crawley, Sussex, England, 1979.
7. Rules and Regulations For the Construction and Clasification of Steel Vessels, Bureau Veritas, Strasbourgeoise France, 1976.

8. Rules for the Clasification of Steel Ships, Materials and Welding, Det Norske Veritas, Norway, 1980.
9. ASME, Boiler and Pressure Vessel Code, Section IX, 1980.
10. Metalurgia de la Soldadura, Dpto. de Ingeniería Mecánica, ESPOL., 1979.
11. Linnert George, Welding Metallurgy, Third Edition, Vol. 2 Americal Welding Society, 1967.