ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Aleaciones especiales aplicables a las condiciones ambientales en la zona del puerto de guayaquil"

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Luis Fabián Ramírez Montenegro

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2009

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboran en la realización de este trabajo,

especialmente al Ing. Ignacio Wiesner Falconí, Director de Tesis, por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

A SANTA NARCISA DE JESUS

A MIS PADRES

A MIS HERMANAS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

_____	_____
Ing. Francisco Andrade S.	Ing. Ignacio Wiesner F.
Decano de la FIMCP	DIRECTOR DE TESIS
PRESIDENTE	

_____
Ing. Julián Peña E.
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual

de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

_____

Luis Fabián Ramírez Montenegro

RESUMEN

Se han realizado ensayos de corrosión acelerado en cámara de niebla salina a fin de conocer el grado de agresividad que poseen las aguas contaminadas del estero salado en la zona del puerto marítimo y en especial en la base sur de la Armada ecuatoriana sobre los materiales metálicos, donde es conocido que se presentan grandes problemas de corrosión ambiental no solo su condición marina, sino también porque se ha verificado que el Ph del agua del estero es inferior a 7 y se ha modificado por la contaminación industrial lo cual provoca el fallo de los materiales resistentes a los ambientes marinos. El objetivo de la presente tesis fue realizar un estudio de la corrosión de los materiales de ingeniería más conocidos para determinar la velocidad de

deterioro de los mismos. Los metales seleccionados para su evaluación en una cámara de niebla salina estándar que usa la especificación ASTM B117 son: Bronce al aluminio, Acero Inoxidable AISI 304, Acero Inoxidable AISI 306, Acero Inoxidable 406, Latón y el denominado Silver Brass o bronce Cupro – Niquel (Cu -30%Ni).

Durante la investigación se realizó el mismo ensayo con el agua contaminada del Salado y se verificó que sólo el "Silver Brass" pudo resistir la agresividad de esta agua y por ende se recomienda este material para hacer piezas de desgaste en vez de usar materiales normales de uso marino ya que no resisten las condiciones de este medio.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN……..……..…….....II
ÍNDICE GENERAL……..……..……...III
ABREVIATURAS……..……..……..……..IV
ÍNDICE DE FIGURAS……....……..…..…V
ÍNDICE DE TABLAS……....……..…..……VI
INTRODUCCIÓN……...……..…1

CAPÍTULO 1

1. CONDICIONES AMBIENTALES DEL PUERTO DE GUAYAQUIL SU INCIDENCIA EN LOS MATERIALES……3

1.1 Grado de contaminación de aguas del salado y estero muerto…….3

1.2 Pruebas normalizadas para conocer la resistencia a la corrosión

marina de materiales……...7

1.3 Materiales más usados para la corrosión marina……...9

1.4 Casos de estudio del grado de corrosividad sobre materiales……..19

CAPÍTULO 2

2. ENSAYOS DE CORROSIÓN EN LABORATORIO APLICANDO LA **NORMA ASTM……...22**

2.1 Descripción del proceso para la construcción del equipo a utilizar según la norma……22

2.2 Pruebas del equipo previo al periodo de exposición de las muestras……35

2.3 Descripción del proceso para escoger muestras de agua del estero salado y análisis físico-químico del mismo…….. ..38

2.4 Preparación de las muestras para el ensayo……..……..39

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS……40

3.1 Resultados obtenidos mediante la solución estándar ……41

3.2 Resultados obtenidos con el agua del estero salado……..54

3.3 Análisis comparativo de resultados……67

3.4 Selección del material apropiado para caso de estudio……..70

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES…..……...*71*

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

AISI	American Iron and Steel Institute
ASTM	American Society For Testing Materials
UNS	Unified Numbering System
SAE	Society of Automotive Engineers
RPM	Revoluciones por minuto
PSI	Pounds per Square Inch
GMAW	Gas Metal Arc Welding

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Mapa del Estero Salado	5
Figura 2.1	Cámara de Niebla Salina	27
Figura 2.2	Cámara generando niebla salina	28
Figura 2.3	Muestras en la cámara de niebla salina	29
Figura 2.4	Materiales antes de ingresar a la prueba	37
Figura 2.5	Muestras para la prueba en sus colgadores	38
Figura 2.6	Preparación de muestras	39
Figura 2.7	Materiales para pruebas de corrosión (25/Feb/06)	43
Figura 2.8	Materiales para pruebas de corrosión (26/Feb/06)	45
Figura 2.9	Materiales para pruebas de corrosión (27/Feb/06)	47
Figura 2.10	Materiales para pruebas de corrosión (28/Feb/06)	49
Figura 2.11	Materiales para pruebas de corrosión (02/Mar/06)	51

Figura 2.12 Materiales para pruebas de corrosión (04/Mar/06).....53
Figura 2.13 Materiales para pruebas de corrosión (08/Mar/06).....57
Figura 2.14 Materiales para pruebas de corrosión (09/Mar/06).....59
Figura 2.15 Materiales para pruebas de corrosión (10/Mar/06).....61
Figura 2.16 Materiales para pruebas de corrosión (14/Mar/06).....64
Figura 2.17 Materiales para pruebas de corrosión (15/Mar/06).....66

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Fundiciones.....11
Tabla 2 Aceros Inoxidables Martensíticos de forja estándar.....12
Tabla 3 Aceros Inoxidables Ferriticos de Forja estándar.....13
Tabla 4 Aceros Inoxidables Austeniticos de forja estándar.....13
Tabla 5 Aceros Inoxidables Especiales.....14
Tabla 6 Aceros Inoxidables de moldeo estándar resistentes al calor.....15
Tabla 7 Aceros Inoxidables resistentes a la corrosión de moldeo Estándar.....15

Tabla 8 Aleaciones de Níquel……17
Tabla 9 Aleaciones de Aluminio……18
Tabla 10 Aleaciones de Cobre……18
Tabla 11 Propiedades Generales de Corrosión……...20
Tabla 12 Parámetros de diseño de cámara de niebla salina……24
Tabla 13 Dimensiones de la caja…….....25
Tabla 14 Identificación de los materiales que ingresan en primera etapa……...36
Tabla 15 Identificación de los materiales que ingresan en segunda etapa……...36
Tabla 16 Cronograma de Inspección……41
Tabla 17 Hoja de control para pruebas de corrosión (25-Feb/06)…….42
Tabla 18 Hoja de control para pruebas de corrosión (26-Feb/06)…….44
Tabla 19 Hoja de control para pruebas de corrosión (27-Feb/06)…….46
Tabla 20 Hoja de control para pruebas de corrosión (28-Feb/06)…….48
Tabla 21 Hoja de control para pruebas de corrosión (02-Mar/06)…….50
Tabla 22 Hoja de control para pruebas de corrosión (04-Mar/06)…….52
Tabla 23 Cronograma de Inspección……54
Tabla 24 Hoja de control para pruebas de corrosión (07-Mar/06)…….55
Tabla 25 Hoja de control para pruebas de corrosión (08-Mar/06)…….56
Tabla 26 Hoja de control para pruebas de corrosión (09-Mar/06)…….58
Tabla 27 Hoja de control para pruebas de corrosión (10-Mar/06)…….60
Tabla 28 Hoja de control para pruebas de corrosión (12-Mar/06)…….62
Tabla 29 Hoja de control para pruebas de corrosión (14-Mar/06)…….63
Tabla 30 Hoja de control para pruebas de corrosión (15-Mar/06)…….65
Tabla 31 Resultados obtenidos en prueba de corrosión con agua del estero salado……...67
Tabla 32 Resultados obtenidos en prueba de corrosión con solución salina normalizada……...68
Tabla 33 Cálculo de pérdida de masa……69
Tabla 34 Calificación de materiales que participaron en la prueba……..70

INTRODUCCION

El presente trabajo de está relacionado con problemas inherentes a la corrosión de los materiales y aleaciones industriales en la zona del puerto de guayaquil donde el grado de contaminación del agua es elevado.

Conocedores que en la base sur de la Armada Nacional ya se han reportado muchos casos en que los materiales de piezas y componentes metálicos tienen un periodo de vida útil inferior al promedio de los índices en

ambientales salinos o condiciones de mar, se han realizado acciones para identificar el problema. Con esta premisa la Armada realizó monitoreo de las aguas del Salado y el Estero Del Muerto desde hace 10 años y el resultado es que la contaminación ha modificado las condiciones del PH del agua durante la temporada de verano hasta niveles de acidez del orden de 6.7 lo cual explica el mayor grado de agresividad del medio sobre los materiales metálicos y no metálicos.

Se construyó una cámara de niebla salina con especificaciones de la ASTM con mandos automatizados para hacer ensayos de sobre 200 horas de duración y se monitoreó el deterioro de los materiales por medio de fotografía digital. Los ensayos en la cámara se hicieron con dos experimentos: agua bajo las condiciones de la norma y agua tomada del puerto en las peores condiciones, finalmente se reportó el material menos atacado por dichas atmósferas y por este medio se encontró la mejor aleación para equipos tales como bombas de uso múltiple y otros equipos que deben trabajar en esos ambiente.

CAPÍTULO 1

1. CONDICIONES AMBIENTALES DEL PUERTO DE GUAYAQUIL, SU INCIDENCIA EN LOS MATERIALES

1.1. Grado de contaminación de aguas del salado y estero muerto.

El estero El Muerto es un ramal del Estero Salado, a cuyas riberas se asienta la parte Sur-suroeste de la ciudad de Guayaquil, tiene aproximadamente 200m de ancho y 9 Km de longitud, recibe la influencia de la porción superior del Estero Salado al Nor-noroeste de la ciudad, así como de los ramales exteriores del mismo. Es la vía de acceso a las instalaciones del Puerto marítimo de Guayaquil, Dique naval, Fertisa y Cartonera, razón por la cual sufre constantes y periódicos dragados

El Estero El Muerto es un ramal del estuario del río Guayas y sus aguas bañan el sector Sur Oeste de la ciudad.

El área circundante pertenece al tipo de costas de configuración irregular, muy baja, donde existe un equilibrio inestable entre la sedimentación y la circulación oceánica, con tendencia a la deposición. Podemos definirlas como costas de estuario porque

presentan una mezcla de ambiente marino y fluvial. La vegetación predominante está constituida por manglares lo cual le brinda, a la zona un aspecto de gran pantano; entre las raíces, quedan atrapados los sedimentos en los que se desarrollaban, hasta hace algunos años, infinidad de especies marinas, especialmente moluscos y crustáceos, las cuales, por efectos del agudo deterioro que ha ocasionado la contaminación producida por los desechos citadinos, ha desaparecido casi completamente. El origen del Estero se debe al aporte sedimentario del Río Guayas, el mismo que presenta un cauce cuya altura es mayor que la del primero. La baja salinidad observada se debe a que las corrientes de marea empujan las aguas procedentes de la descarga fluvial del Guayas, de donde se deduce que puede existir un relleno indirecto por sedimentos aportados por el Río a través del canal de Cascajal al sur

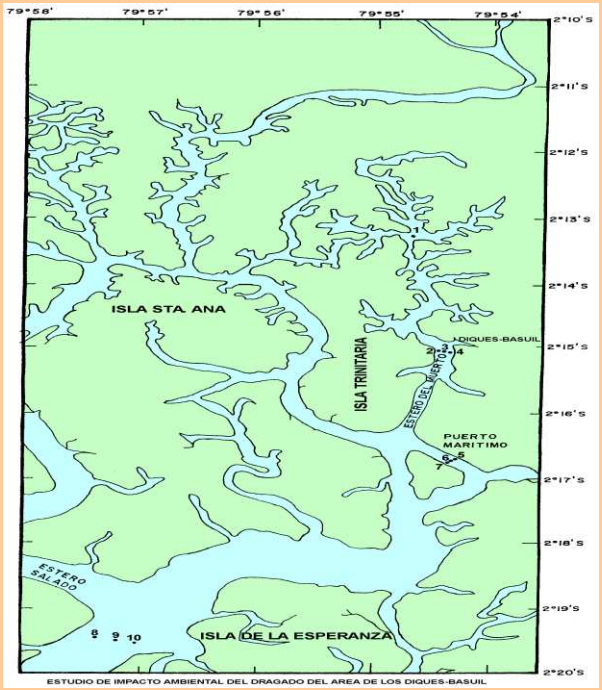


FIGURA 1.1 MAPA DEL ESTERO SALADO

Estudios realizados por el INOCAR En 1986, Valencia, et-al, realizó un análisis de la influencia de la marea y profundidad sobre la concentración de oxígeno disuelto en aguas del estero El Muerto, Provincia del Guayas. Se estableció que existe una relación directa de estos dos factores sobre la misma. Se encuentra mayor concentración de oxígeno disuelto en superficie, la cual disminuye conforme aumenta la profundidad, siendo mayor durante el flujo que durante el reflujo; existe un leve incremento durante la noche como producto de la agitación de las aguas por acción del viento. En forma

general se concluye que existen condiciones deficitarias de oxígeno disuelto en el área (3.99 mg/l frente a lo optimo que seria alrededor e 5.5 mg/l), lo que indica problemas de contaminación en el estero.

Se conoce que el agua en el área de estudio es salobre, con una salinidad de 27-28ppt y que se encuentra afectada por procesos de contaminación que se incrementan cada vez más. (División de O. Química-INOCAR,1986), lo que trae como consecuencia una disminución en el contenido de oxígeno, elemento vital para el desarrollo de todo organismo acuático. Cabe anotar que son los esteros los que dan mayor aportación de nutrientes a las costas oceánicas. La temperatura superficial fluctúo entre 28.6°C como máximo, 28.3°C como mínimo y 28.5°C.

pH.- La remoción de material de fondo puede resuspender sedimentos de pH bajo como producto de la probable presencia de SH2 originado por la degradación de materia orgánica, tanto natural aportada por la vegetación de las riberas como aquella originada por los detritos vertidos al estero por actividades antropogénicas (El ph determinado para el Estero del Muerto en el presente estudio es de un promedio de 6). Se observa contaminación por hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos, en mayor o menor grado durante todo el año, con los mayores valores máximos en los meses de Enero,

Marzo, Mayo, Junio y Octubre; pudiendo además apreciarse la influencia de la marea en el transporte del contaminante ya que en forma general, las más altas concentraciones se encontraron en flujo, es decir, en aguas provenientes de los esteros mayores, en donde se realiza gran actividad de navegación; habiéndose detectado fenómeno inverso en el reflujo, estado de marea en el cual se ha determinado la mayoría de los mínimos valores.

En lo que se refiere a los elementos nutritivos, en la época lluviosa de 1986, se observó valores relativamente altos tanto en la superficie como en la capa profunda llegando el máximo para el mes de Enero en reflujo y para el mes de Febrero en flujo; estos valores elevados son indicadores de la contaminación de origen doméstico que existen en el Estero como producto de las aguas de desecho de la Ciudad de Guayaquil. Similar condición se observa en los meses de verano lo cual indica también problemas de contaminación de origen doméstico

1.2 Pruebas normalizadas para conocer la resistencia a la corrosión marina de materiales.

Para escoger un método de prueba de resistencia de los materiales a la corrosión se debe partir de cual es el propósito o finalidad del

estudio que se quiere realizar, donde el requerimiento especifico para nuestro trabajo es conocer la vida útil que tienen los metales en un ambiente como la zona del puerto de la armada nacional en el estero salado de tal manera que a través de este trabajo podamos ser capaces de predecir la probabilidad de vida de algún equipo o elemento mecánico ideando un calendario de inspección adecuado para prevenir fallos inesperados esto es basado en los conceptos de mantenimiento predictivos o al menos preventivos reduciendo la probabilidad de paralización de un equipo no programado por fallos de corrosión que conlleva posible perdidas económicas, peligro para el personal y la contaminación ambiental como ultima consecuencia.

Probablemente el mejor modo de encarar el estudio de selección de materiales es conocer las características inherentes de la sustancia en el medio de estudio y generalizar sobre la característica de corrosión de material de construcción dominante en un determinado ambiente. De nuestra investigación realizada para llevar a cabo este trabajo se puede decir que no hay un método patrón o un modo preferido para evaluar un determinado material en un señalado ambiente puesto que la naturaleza no se comporta en forma uniforme teniendo variables tales como: temperatura, velocidad, lluvias, contaminación con productos contaminantes, niveles de tensión .

Al no haber un método o una forma convencional para efectuar un ensayo de corrosión, el régimen que escogeremos para este trabajo será según nuestra finalidad. La prueba escogida para este trabajo será una prueba de corrosión en laboratorio denominado test de niebla salina el cual simula el ambiente de estudio en diferentes metales llevando un control estricto diario del comportamiento o cambio que se dan en los materiales de ensayos (perdida de espesor, grado de porosidad y apariencia), donde la selección caerá sobre el material que sea mecánicamente adecuado. Los más comúnmente usado y aceptados test de niebla salina en los Estados Unidos son los métodos en los estándares que ofrece la ASTM B117 y G85.

Para nuestro trabajo de test de niebla salina utilizaremos la norma ASTM B117 (apéndice). Quien nos dará las indicaciones de los detalles a seguir para conseguir los resultados deseados.

1.3 Materiales más usados para corrosión marina

En esta parte de nuestro trabajo discutiremos paso a paso los procesos por el cual haremos una preselección de los materiales idóneos para minimizar los efectos de la corrosión en la zona el puerto de la armada de la base sur considerando los aspectos tales

Con formato: nottitulo2, Justificado, Sangría: Izquierda: 0,63 cm, Sangría francesa: 0,95 cm, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto, Color de fuente: Automático

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto, Color de fuente: Automático

Con formato: Fuente: 12 pto, Color de fuente: Automático, Español (México)

como resistencias de los materiales a diferentes formas de corrosión, formas de fallas de los materiales, efecto económico.

Para conocer la resistencia que tienen los materiales a este medio debemos conocer las condiciones de operación de los equipos y el ambiente corrosivo, por lo que tomaremos muestras de agua para ser llevado al instituto de ingeniería química y realizarle un analisis químico y conocer su nivel de pH.

Otro factor importante para llevar a cabo esta selección de materiales es el diseño el cual me define el proceso de manufactura de las piezas como por ejemplo en la armada hay lanchas contra incendios que usan unas bombas las cuales tiene sus volutas e impulsores fabricados de material monel el cual fue fabricado mediante el proceso de fundición así mismo abran otros tipos de elementos que requieran de soldar, maquinar etc, lo cual implica un punto clave en la selección del material si se quiere controlar la agresividad de la corrosión.

Pues bien, considerando estos aspectos tenemos una lista de materiales muy variada de entre materiales ferrosos y no ferrosos, aleaciones termoplásticos, vidrio, resinas etc

Fundición.

Unos de los motivos por los cuales hemos escogidos este grupo de materiales es por ser uno de los más económicos y utilizados en la industria.

Realizando un analisis de las características que presentan este grupo de materiales hablaremos un poco sobre la fundición gris la cual posee particular resistencia a la corrosión en ambientes tales como el atmosférico, suelos neutros, aguas naturales, ácidos concentrados, soluciones alcalinas y cáusticas. Otra de las particularidades que posee este material es que a un bajo costo es fácil moldear con formas complejas, es un material excelente como absorber las vibraciones, tiene una alta resistencia al desgaste, resiste los choques y es fácil maquinar.

TABLA 1

FUNDICIONES

TABLA Fundiciones*

Aleación	ASTM	UNS	Composición, %†	Condición	Propiedades mecánicas‡			
					Límite elástico, ksi (MPa)	Resistencia a tracción, ksi (MPa)	Alarga-miento (%)	Dureza, HB
Fundición gris	A159 (G3000)	F10006	3,1-3,4 C; 0,6-0,9 Mn; 1,9-2,3 Si	De moldeo		30 (207)		187-241
Fundición maleable	A602 (M3210)	F20000	2,2-2,9 C; 0,15-1,25 Mn; 0,9-1,90 Si	Recocido	32 (229)	50 (345)	12	130
Fundición dúctil	A395 (60-40-18)	F32800	Sin especificar	Recocido	40 (276)	60 (414)	18	170
Fundición	A436 (1)	F41000	3,0 C; 1,5-2,5 Cr; 5,5-7,5 Cu; 0,5-1,5 Mn; 13,5-17,5 Ni; 1,0-2,8 Si	De moldeo		25 (172)		150
Fundición	A436 (2)	F41002	3,0 C; 1,5-2,5 Cr; 0,50 Cu; 0,5-1,5 Mn; 18-22 Ni; 1,0-2,8 Si	De moldeo		25 (172)		145
Fundición	A436 (5)	F41006	2,4 C; 0,1 Cr, 0,5 Cu; 0,5-1,5 Mn; 34-36 Ni; 1,0-2,0 Si	De moldeo		20 (138)		110
Fundición dúctil austenítica	A439 (D-2)	F43000	3,0 C; 1,75-2,75 Cr; 0,7-1,25 Mn; 18-22 Ni; 1,5-3,0 Si	De moldeo	30 (207)	58 (400)		170
Fundición dúctil austenítica	A439 (D-5)	F43006	2,4 C; 0,1 Cr; 1,0 Mn; 34-36 Ni; 1,0-2,8 Si	De moldeo	30 (207)	55 (379)		155
Fundición con alto silicio (Durion)	A518	F47003	0,7-1,1 C; 0,5 Cr; 0,5 Cu; 1,50 Mn; 0,5 Mo; 14,2-14,75 Si	De moldeo		16 (110)		520

* Cortesía de National Association of Corrosion Engineers. Para convertir de MPa a lbf/in^2, multiplicar por 145,04.
† Los valores que sólo tienen una cifra indican los máximos.
‡ Propiedades típicas a temperatura ambiente.

Aceros inoxidables.

Dentro de las aplicaciones industriales son innumerables las que pueden tener los aceros inoxidables entre los cuales tenemos más de 70 tipos de estándar y muchas aleaciones especiales. En general, todos tienen base Hierro con, 12 a 30 por 100 de Cromo, 0 a 22 por 100 de Níquel y cantidades menores de Carbono, Niobio, Cobre, Molibdeno, Selenio, Tantalo y Titanio.

Son resistentes al calor y a la corrosión, no contaminantes y de fabricación sencilla, aun en formas complejas. Hay tres grupos de aceros inoxidables: martensitico, ferrítico y austenítico siendo este ultimo la serie que más resistencia presenta a la corrosión en ambientes marinos.

TABLA 2

ACEROS INOXIDABLES MARTENSITICOS DE FORJA ESTANDAR

TABLA Aceros inoxidables martensíticos de forja estándar*

Tipo AISI	UNS	Composición, %†					Propiedades mecánicas‡			
		Cr	Ni	Mo	C	Otros	Límite elástico, ksi (MPa)	Resistencia a tracción, ksi (MPa)	Alarga-miento (%)	Dureza, HB
403	S40300	11,5-13,0			0,15		40 (276)	75 (517)	35	155
410	S41000	11,5-13,5			0,15		35 (241)	70 (483)	30	150
414	S41400	11,5-13,5	1,25-2,5		0,15		90 (621)	115 (793)	20	235
416	S41600	12-14		0,6	0,15	0,15S§	40 (276)	75 (517)	30	155
416Se	S41623	12-14			0,15	0,15Se§	40 (276)	75 (517)	30	155
420	S42000	12-14			0,15		50 (345)	95 (655)	20	195
420F	S42020	12-14		0,6	0,15§	0,15S§	55 (379)	95 (655)	22	220
422	S42200	11-13	0,5-1,0	0,75-1,25	0,20-0,25	0,15-0,30 V; 0,75-1,25 W	125 (862)	145 (1.000)	18	320
431	S43100	15-17	1,25-2,5		0,20		95 (665)	125 (862)	20	260
440A	S44002	16-18		0,75	0,6-0,75		60 (414)	105 (724)	20	210
440B	S44003	16-18		0,75	0,75-0,95		62 (427)	107 (738)	18	215
440C	S44004	16-18		0,75	0,95-1,20		65 (448)	110 (758)	14	220
501	S50100	4-6		0,40-0,65	0,10§		30 (207)	70 (483)	28	160
502	S50200	4-6		0,40-0,65	0,10		25 (172)	65 (448)	30	150

* Cortesía de National Association of Corrosion Engineers. Para convertir de MPa a lbf/in^2, multiplicar por 145,04.
† Los valores que sólo tienen una cifra indican los máximos a menos que se indique otra cosa.
‡ Propiedades típicas a temperatura ambiente de placas con tratamiento de solubilización.
§ Mínimo.

TABLA 3

ACEROS INOXIDABLES FERRÍTICOS DE FORJA ESTÁNDAR

TABLA Aceros inoxidables ferríticos de forja estándar*

Tipo AISI	UNS	Composición, %†							Propiedades mecánicas‡			
		Cr	C	Mn	Si	P	S	Otros	Límite elástico, ksi (MPa)	Resistencia a tracción, ksi (MPa)	Alarga-miento (%)	Dureza, HB
405	S40500	11,5-14,5	0,08	1,0	1,0	0,04	0,03	0,1-0,3 Al	40 (276)	65 (448)	30	150
409	S40900	10,5-11,75	0,08	1,0	1,0	0,045	0,045	(6×C) Ti§	35 (241)	65 (448)	25	137
429	S42900	14-16	0,12	1,0	1,0	0,04	0,03		40 (276)	70 (483)	30	163
430	S43000	16-18	0,12	1,0	1,0	0,04	0,03		40 (276)	75 (517)	30	160
430F	S43020	16-18	0,12	1,25	1,0	0,06	0,15¶	0, 6 Mo	55 (379)	80 (552)	25	170
430FSe	S43023	16-18	0,12	1,25	1,0	0,06	0,06	0,15 Se¶	55 (379)	80 (552)	25	170
434	S43400	16-18	0,12	1,0	1,0	0,04	0,03	0,75-1,25 Mo	53 (365)	77 (531)	23	160
436	S43600	16-18	0,12	1,0	1,0	0,04	0,03	0,75-1,25 Mo (5×C)(Cb+Ta)§	53 (365)	77 (531)	23	160
442	S44200	18-23	0,20	1,0	1,0	0,04	0,03		45 (310)	80 (552)	20	185
446	S44600	23-27	0,20	1,5	1,0	0,04	0,03	0,25N	55 (379)	85 (586)	25	160

* Cortesía de National Association of Corrosion Engineers. Para convertir de MPa a lbf/in^2, multiplicar por 145,04.
† Los valores que sólo tienen una cifra indican los máximos a menos que se indique otra cosa.
‡ Propiedades típicas a temperatura ambiente de placas con tratamiento de solubilización.
§ 0,70 como máximo.
¶ Mínimo.

TABLA 4

ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS DE FORJA ESTÁNDAR

TABLA Aceros inoxidables austeníticos de forja estándar*

Tipo AISI	UNS	Composición, %†							Propiedades mecánicas		
		Cr	Ni	Mo	C	Si	Mn	Otros	Límite elástico, ksi (MPa)	Resistencia a tracción, ksi (MPa)	Alarga-miento (%)
201	S20100	16-18	3,5-5,5		0,15	1,0	5,5-7,5	0,25 N	55 (379)	115 (793)	55
202	S20200	17-19	4-6		0,15	1,0	7,5-10	0,25 N	55 (379)	105 (724)	55
301	S30100	16-18	6-8		0,15	1,0	2,0		40 (276)	105 (724)	55
302	S30200	17-19	8-10		0,15	1,0	2,0		35 (241)	90 (621)	60
302B	S30215	17-19	8-10		0,15	2,0-3,0	2,0		40 (276)	90 (621)	50
303	S30300	17 19	8-10	0,6	0,15	1,0	2,0	0,15 S§; 0,2 P	35 (241)	90 (621)	50
303Se	S30323	17-19	8-10		0,15	1,0	2,0	0,15 Se§; 0,2 P	35 (241)	90 (621)	50
304	S30400	18-20	8-10,5		0,08	1,0	2,0		35 (241)	82 (565)	60
304L	S30403	18-20	8-12		0,03	1,0	2,0		33 (228)	79 (545)	60
304N	S30451	18-20	8-10,5		0,08	1,0	2,0	0,10-0,16 N	48 (331)	90 (621)	50
308	S30800	19-21	10-12		0,08	1,0	2,0		30 (207)	85 (586)	55
309	S30900	22-24	12-15		0,20	1,0	2,0		40 (276)	95 (655)	45
309S	S30908	22-24	12-15		0,08	1,0	2,0		40 (276)	95 (655)	45
310	S31000	24-26	19-22		0,25	1,5	2,0		45 (310)	95 (655)	50
310S	S31008	24-26	19-22		0,08	1,5	2,0		45 (310)	95 (655)	50
314	S31400	23-26	19-22		0,25	1,5-3,0	2,0		50 (345)	100 (689)	45
316	S31600	16-18	10-14	2,0-3,0	0,08	1,0	2,0		36 (248)	82 (565)	55
316L	S31603	16-18	10-14	2,0-3,0	0,03	1,0	2,0		34 (234)	81 (558)	55
316N	S31651	16-18	10-14	2,0-3,0	0,08	1,0	2,0	0,10-0,16 N	42 (290)	90 (621)	55
317	S31700	18-20	11-15	3,0-4,0	0,08	1,0	2,0		40 (276)	85 (586)	50
317L	S31703	18-20	11-15	3,0-4,0	0,03	1,0	2,0		35 (241)	85 (586)	55
321	S32100	17-19	9-12		0,08	1,0	2,0	(5×C) Ti§	30 (207)	85 (586)	55
329	S32900	25-30	3-6	1,0-2,0	0,10	1,0	2,0		80 (552)	105 (724)	25
347	S34700	17-19	9-13		0,08	1,0	2,0	(10×C)(Cb+Ta)§	35 (241)	90 (621)	50
348	S34800	17-19	9-13		0,08	1,0	2,0	(10×C)(Cb+Ta)¶ 0,20 Co	35 (241)	90 (621)	50

* Cortesía de National Association of Corrosion Engineers. Para convertir de MPa a lbf/in^2, multiplicar por 145,04.
† Los valores que sólo tienen una cifra indican los máximos a menos que se indique otra cosa.
‡ Propiedades típicas a temperatura ambiente de placas con tratamiento de solubilización.
§ Mínimo.
¶ Mínimo excepto Ta = 0,1, que es máximo.

TABLA 5

ACEROS INOXIDABLES ESPECIALES

TABLA Aceros inoxidables especiales*

Tipo AISI	UNS	Composición, %†							Propiedades mecánicas‡			
		Cr	Ni	Mo	C	Mn	Si	Otros	Límite elástico, ksi (MPa)	Resistencia a tracción, ksi (MPa)	Alargamiento (%)	Dureza, HB
A-286	K66286	13,5-16	24-27	1,0-1,5	0,08	2,0	1,0	1,90-2,35 Ti; 0,1-0,5 V; 0,001-0,01 B; 8×C-1,0 Nb	100 (690)	140 (970)	20	
20Cb-3	N08020	19-21	32-38	2,0-3,0	0,07	2,0	1,0	3,0-4,0 Cu	53 (365)	98 (676)	33	185
20Mod	N08320	21-23	25-27	4,0-6,0	0,05	2,5	1,0	(4,0×C) Ti min	43 (296)	84 (579)	42	160
PH13-8Mo	S13800	12,25-13,25	7,5-8,5	2,0-2,5	0,05	0,2	0,1	0,90-1,35 Al	120 (827)	160 (1.100)	17	300
PH14-8Mo	S14800	13,75-15,0	7,75-8,75	2,0-3,0	0,05	1,0	1,0	0,75-1,5 Al; 0,15-0,45 Nb	55-210 (380-1.450)	125-230 (860-1.540)	2-25	200-450
15-5PH	S15500	14,0-15,5	3,5-5,5		0,07	1,0	1,0	2,5-4,5 Cu	145 (1.000)	160 (1.100)	15	320
PH15-7Mo	S15700	14,0-16,0	6,5-7,75	2,0-3,0	0,09	1,0	1,0	0,75-1,5 Al; 0,15-0,45 Nb	55-210 (380-1.450)	130-220 (900-1.520)	2-35	200-450
17-4PH	S17400	15,5-17,5	3,0-5,0		0,07	1,0	1,0	3,0-5,0 Cu; 0,4 Al	145 (1.000)	160 (1.100)	15	320
W	S17600	16,0-17,5	6,0-7,5		0,08	1,0	1,0	0,4-1,20 Ti	90-200 (620-1.380)	135-210 (930-1.450)	3-12	260-420
17-7PH	S17700	16,0-18,0	6,5-7,75		0,09	1,0	1,0	0,75-1,5 Al	40 (276)	130 (710)	10	185
216	S21600	17,5-22,0	5,0-7,0	2,0-3,0	0,08	7,5-9,0	1,0	0,25-0,5 N	70 (480)	115 (790)	45	200
Nitronic 60	S21800	16,0-18,0	8,0-9,0		0,10	7,0-9,0	3,5-4,5	0,08-0,18 N	60 (410)	103 (710)	62	210
21-6-9	S21900	18,0-21,0	5,0-7,0		0,08	8,0-10,0	1,0	0,15-0,40 N	68 (470)	112 (770)	44	220
AM350	S35000	16,0-17,0	4,0-5,0	2,5-3,25	0,07-0,11	0,5-1,25	0,5	0,07-0,13 N	60-173 (410-1.200)	145-206 (1.000-1.420)	13,5-40	200-400
AM355	S35500	15,0-16,0	4,0-5,0	2,5-3,25	0,10-0,15	0,5-1,25	0,5		182 (1.250)	216 (1.490)	19	402-477
Almar 362	S36200	14,0-15,0	6,0-7,0		0,05	0,5	0,3	0,55-9,0 Ti	105-185 (124-286)	120-188 (827-1.300)	15-13	250-400
18-18-2	S38100	17,0-19,0	17,5-18,5		0,08	2,0	1,5-2,5	0,20×(C+N)	40 (280)	80 (550)	55	165
Stab 18-2	S44400	17,5-19,5	1,0	1,75-2,5	0,025	1,0	1,0	min −0,8 Ti+Cb 0,015 N	45 (310)	60 (414)	20	210
26-1	S44625	25,0-27,5	0,5	0,75-1,50	0,01	0,4	0,4	0,5 Ni+Cu	50 (345)	70 (480)	30	165
Stab 26-1	S44626	25,0-27,0	0,5	0,75-1,50	0,06	0,75	0,75	7×(C+Ni)-1,0 Ti; 0,15 Cu	50 (345)	70 (480)	30	165
28-4	S44700	28,0-30,0	0,15	3,5-4,2	0,010	0,3	0,2	0,02 N; 0,15 Cu	70 (480)	90 (620)	25	210
28-4-2	S44800	28,0-30,0	2,0-2,5	3,5-4,2	0,010	0,3	0,2	0,02 N; 8×C Nb min	85 (590)	95 (650)	25	230
Custom 450	S45000	14,0-16,0	5,0-7,0	0,5-1,0	0,05	1,0	1,0	1,25-1,75 Cu	117-184 (800-1.270)	144-196 (990-1.350)	14	270-400
Custom 455	S45500	11,0-12,5	7,5-9,5	0,5	0,05	0,5	0,5	1,5-2,5 Cu; 0,8-1,4 Ti	115-220 (790-1.500)	140-230 (970-1.600)	10-14	290-460

* Cortesía de National Association of Corrosion Engineers. Para convertir de MPa a lbf/in^2, multiplicar por 145,04.
† Los valores que sólo tienen una cifra indican los máximos a menos que se indique otra cosa.
‡ Propiedades típicas a temperatura ambiente.

TABLA 6

ACEROS INOX. DE MOLDEO ESTÁNDAR RESISTENTES AL CALOR

TABLA Aceros inoxidables de moldeo estándar resistentes al calor[a]

ACI	AISI	UNS	Composición, %[b]						Propiedades mecánicas a 1.600 °F			
									A corto plazo		Tensión de rotura en 1.000 h	
			Cr	Ni	C	Mn	Si	Otros	Resistencia a tracción, ksi (MPa)	Alargamiento (%)	ksi	(MPa)
HA			8-10		0,2	0,35-0,65	1,0	0,9-1,2 Mo	44 (303)[c]	36[c]	27	186[d]
HC	446	J92605	26-30	4	0,5	1,0	2,0				1,3	90
HD	327	J93005	26-30	4-7	0,5	1,5	2,0		23 (159)	18	7,0	48[e]
HE		J93403	26-30	8-11	0,2-0,5	2,0	2,0					
HF	302B	J92603	18-23	9-12	0,2-0,4	2,0	2,0		21 (145)	16	4,4	30
HH[f]		J93503	24-28	11-14	0,2-0,5	2,0	2,0	0,2 N	18,5 (128)	30	3,8	26
HH[g]	309	J93503	24-28	11-14	0,2-0,5	2,0	2,0	0,2 N	21,5 (148)	18	3,8	26
HI		J94003	26-30	14-18	0,2-0,5	2,0	2,0		26 (179)	12	4,8	33
HK	310	J94224	24-28	18-22	0,2-0,6	2,0	2,0		23 (159)	16	6,0	41
HL		J94604	28-32	18-22	0,2-0,6	2,0	2,0		30 (207)			
HN		J94213	19-23	23-27	0,2-0,5	2,0	2,0		20 (138)	37	7,4	51
HP		J95705	24-28	33-37	0,35-0,75	2,0	2,5		26 (179)	27	7,5	52
HT	310	J94605	13-17	33-37	0,35-0,75	2,0	2,5		19 (131)	26	5,8	40
HU		J95405	17-21	37-41	0,35-0,75	2,0	2,5		20 (138)	20	5,2	36
HW			10-14	58-62	0,35-0,75	2,0	2,5		19 (131)		4,5	31
HX			15-19	64-68	0,35-0,75	2,0	2,5		20,5 (141)	48	4,0	28

[a] Cortesía de National Association of Corrosion Engineers. Para convertir de MPa a lbf/in^2, multiplicar por 145,04.
[b] Los valores que sólo tienen una cifra indican los máximos; el S y P son 0,04 como máximo; el Mo es 0,5 como máximo.
[c] A 1.100 °F (593 °C).
[d] A 1.000 °F (538 °C).
[e] A 1.400 °F (760 °C).
[f] Tipo I; parcialmente ferrítico.
[g] Tipo II; totalmente austenítico.

TABLA 7

ACEROS INOXIDABLES RESISTENTES A LA CORROSIÓN DE MOLDEO ESTÁNDAR

TABLA Aceros inoxidables resistentes a la corrosión de moldeo estándar[a]

ACI	Tipo AISI	UNS	Composición, %[b]							Propiedades mecánicas[c]			
			Cr	Ni	Mo	C	Mn	Si	Otros	Límite elástico, ksi (MPa)	Resistencia a tracción, ksi (MPa)	Alargamiento (%)	Dureza, HB
CA-15	410	J91150	11,5-14	1,0	0,5	0,15	1,00	1,50		150 (1.034)[d]	200 (1.379)[d]	7[d]	390[d]
CA-15M		J91151	11,5-14	1,0	0,15-1,0	0,15	1,00	1,50		150 (1.034)[d]	200 (1.379)[d]	7[d]	390[d]
CA6NM		J91540	11,5-14	3,5-4,5	0,4-1,0	0,06	1,00	1,00		100 (690)[e]	120 (827)[e]	4[e]	269[e]
CA-40	420	J91153	11,5-14	1,0	0,5	0,20-0,40	1,00	1,50		165 (1.138)[d]	220 (1.517)[d]	1[d]	470[e]
CB-30	431	J91803	18-21	2,0		0,30	1,00	1,50		60 (414)[f]	95 (655)[f]	15[f]	195[f]
CC-50	446	J92615	26-30	4,0		0,50	1,00	1,50		65 (448)[g]	97 (669)[g]	18[g]	210[g]
CE-30	312	J93423	26-30	8-11		0,30	1,50	2,00		63 (434)	97 (669)	18	190
CB-7Cu	(17-4PH)		(16)	(4)		0,07			(3) Cu	165 (1.138)		3	418
CD-4MCu			25-26,5	4,75-6,0	1,75-2,25	0,04	1,00	1,00	2,75-3,25 Cu	82 (565)	108 (745)	25	253
CF-3	304L	J92500	17-21	8-12		0,03	1,50	2,00		36 (248)	77 (531)	60	140
CF-8	304	J92600	18-21	8 11		0,08	1,50	2,00		37 (255)	77 (531)	55	140
CF20	302	J92602	18-21	8 11		0,20	1,50	2,00		36 (248)	77 (531)	50	163
CF-3M	316L	J92800	17-21	9-13	2,0-3,0	0,03	1,50	1,50		38 (262)	80 (552)	55	150
CF-8M	316	J92900	18-21	9-12	2,0-3,0	0,08	1,50	2,00		42 (290)	80 (552)	50	160
CF-12M			18-21	9-12	2,0-3,0	0,12	1,50	2,00		42 (290)	80 (552)	50	160
CG-12	317	J93000	18-21	9-13	3,0-4,0	0,08	1,50	1,50		44 (303)	83 (572)	45	170
CF-8C	347	J92710	18-21	9-12		0,08	1,50	2,00	(8 × C) Cb[h]	38 (262)	77 (531)	39	149
CF 16F	303	J92701	18-21	9-12	1,50	0,16	1,50	2,00		40 (276)	77 (531)	52	150
CG 12		J93001	20-23	10-13		0,12	1,50	2,00		28 (193)		35	
CH-20	309	J93402	22-26	12-15		0,20	1,50	2,00		50 (345)	88 (607)	38	190
CK20	310	J94202	23-27	19-22		0,20	1,50	2,00		38 (262)	76 (524)	37	144
CN-7M		J95150	19-22	27,5-30,5	2,0-3,0	0,07	1,50	1,50	3-4 Cu	32 (221)	69 (476)	48	130

[a] Cortesía de National Association of Corrosion Engineers. Para convertir de MPa a lbf/in^2, multiplicar por 145,04.
[b] Los valores que sólo tienen una cifra indican los máximos excepto los que están entre paréntesis, que son valores mínimos. El S y P son 0,04 como máximo.
[c] Propiedades típicas a temperatura ambiente en estado solubilizado a menos que se diga otra cosa.
[d] Para el material enfriado en aire desde 1.800 °F y revenido a 600 °F.
[e] Para el material enfriado en aire desde 1.750 °F y revenido a 1.100-1.150 °F.
[f] Para el material solubilizado a 1.450 °F, enfriado en el horno hasta 1.000 °F, luego enfriado en aire.
[g] Enfriado en aire desde 1.900 °F.
[h] 1,0 es el máximo.

Todos los aceros que hemos citado tienen cierta particularidad que lo hacen diferente y aplicable para una determinada necesidad, partiendo de nuestra carestía realizamos un analisis y conseguimos preseleccionar aceros inoxidables que se desenvuelven en ambiente marinos.

Aleaciones no ferrosas.

En este grupo podemos citar las aleaciones de Níquel, aleaciones de Aluminio, aleaciones de Cobre, donde algunas de estas aleaciones tiene un extenso uso en ambientes marinos por su alta resistencia a la corrosión tales casos tenemos en la manufactura de intercambiadores de calor, tuberías, válvulas, bombas, cableados, casco de buques etc

La particularidad que poseen las aleaciones de Níquel consiste en que su forma de obtención no es complicada a través de métodos estándar en cuando al mecanizado es fácil y unirse por soldaduras. Las soluciones alcalinas, neutras, el agua de mar y las condiciones atmosféricas moderadas no afecta al níquel. Unas de las aleaciones mas comunes y comercial de este grupo es el Monel 400, la cual es una aleación muy dúctil y tenaz y además de que se puede unir y fabricar con facilidad, su resistencia a la corrosión es superior que a la de sus componentes principales (níquel, cobre)

TABLA 8

ALEACIONES DE NÍQUEL

TABLA Aleaciones de níquel*

Aleación	UNS	Composición, %†						Propiedades mecánicas‡				
		Ni(+Co)§	Cr	Fe	Mo	C	Otros	Condición	Límite elástico, ksi (MPa)	Resistencia a tracción, ksi (MPa)	Alarga-miento (%)	Dureza, HB
200	N02200	99		0,4		0,15		Solubilizado	15-30 (103-207)	55-80 (379-552)	55-40	90-120
201	N02201	99		0,4		0,02		Solubilizado	10-25 (69-172)	50-60 (345-414)	60-40	75-102
400	N04400	63-70		1,0-2,5		0,3	28-34 Cu	Solubilizado	25-50 (172-345)	70-90 (483-621)	60-35	110-149
K-500	N05500	63-70		2,0		0,25	2,3-3,15 Al 0,35-0,25 Ti, 30 Cu	Envejecido	85-120 (586-827)	130-165 (896-1.138)	35-20	250-315
600	N06600	72	14-17	6-10		0,15		Solubilizado	30-50 (207-345)	80-100 (552-690)	55-35	120-170
601	N06601	58-63	21-25	Bal		0,10	1,0-1,7 Al	Solubilizado	30-60 (207-414)	80-115(552-793)	70-40	110-150
625	N06625	Bal	20-23	5	8-10	0,10	3,15-4,15 (Nb + Ta)	Solubilizado	60-95 (414-655)	120-150 (827-1.034)	60-30	145-220
706	N09706	39-44	14,5-17,5	Bal		0,06		Envejecido	161 (1.110)	193 (1.331)	20	371
718	N07718	50-55	17-21	Bal	2,8-3,3	0,08	4,75-5 5 (Nb + Ta)	Tratamiento especial	171 (1.180)	196 (1.351)	17	382
X-750	N07750	70	14-17	5-9		0,08	0,65-1,15 Ti; 0,2-0,8 Al 0,7-1,2 (Nb + Ta)	Tratamiento especial	115-142 (793-979)	162-193 (1.117-1.331)	30-15	300-390
800	N08800	30-35	19-23	Bal		0,10	0,15-0,6 Al; 0,15-0,6 Ti	Solubilizado	30-60 (207-414)	75-100 (517-690)	60-30	120-184
800H	N08800	30-35	19-23	Bal		0,05-0,10	0,15-0,6 Al; 0,15-0,6 Ti	Solubilizado + recocido	20-50 (138-345)	65-95 (448-655)	50-30	100-184
801	N08801	30-34	19-22	Bal		0,10	0,75-1,5 Ti	Tratamiento especial	79,5 (548)	129 (889)	295	
825	N08825	38-46	19,5-23,5	Bal	2,5-3,5	0,05	1,5-3,0 Cu; 0,6-1,2 Ti	Solubilizado	35-65 (241-448)	85-105 (586-724)	50-30	120-180
B-2	N10665	Bal	10	2	26-30	0,02		Solubilizado	76 (524)	139 (958)	53	210
C-276	N10276	Bal	14,5-16,5	4-7	15-17	0,02	3,0-4,5 W	Solubilizado	52 (358)	115 (793)	61	194
C-4	N06455	Bal	14-18	3	14-17	0,015	0,7 Ti	Solubilizado	61 (421)	116 (800)	54	194
G	N06007	Bal	21-23	18-21	5,5-7,5	0,05	1,0-2,0 Mn; 1,5-2,5 Cu; 1,75-2,5 (Nb + Ta)	Solubilizado	46 (317)	102 (703)	61	161
X	N06002	Bal	20,5-23	17-20	8-10	0,05-0,15	0,2-1,0W	Solubilizado	56 (386)	110 (758)	45	178

* Cortesía de National Association of Corrosion Engineers. Para convertir de MPa a lbf/in^2, multiplicar por 145,04.
† Los valores que sólo tienen una cifra indican los máximos a menos que se indique otra cosa.
‡ Propiedades típicas a temperatura ambiente.
§ Los valores que sólo tienen una cifra indican los mínimos.

Unas de las substanciales características que tienen las aleaciones de aluminio es su buen desempeño para trabajar en bajas temperaturas (-250 ^{o}c), es un excelente conductor de la electricidad y el calor, además posee una alta resistencia en ambientes tales como atmosféricos, humos industriales, vapores, aguas dulces, salobres o saladas.

Un proceso muy aplicable en la industrial es el recubrimiento superficial de aluminizado, esto es para aprovechar su alta resistencia a ciertos ambientes mientras que el acero le brinda otras características que no la poseen el aluminio y sus aleaciones.

TABLA 9

ALEACIONES DE ALUMINIO

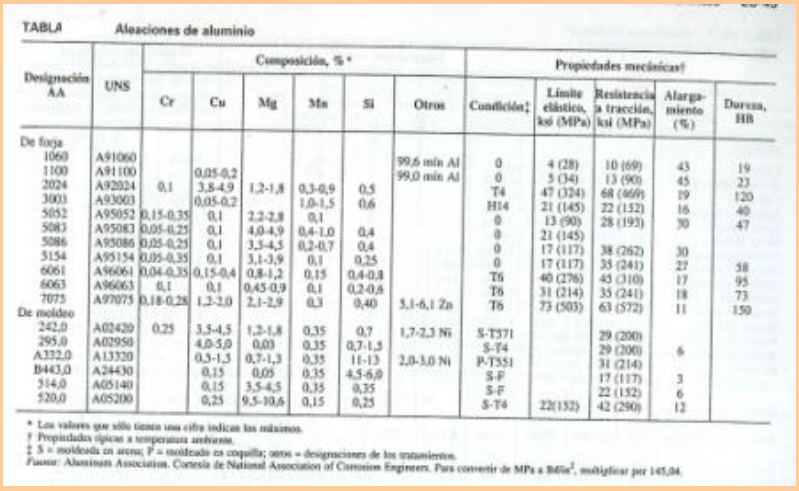


TABLA Aleaciones de aluminio

Designación AA	UNS	Composición, %*						Propiedades mecánicas†				
		Cr	Cu	Mg	Mn	Si	Otros	Condición‡	Límite elástico, ksi (MPa)	Resistencia a tracción, ksi (MPa)	Alargamiento (%)	Dureza, HB
De forja												
1060	A91060						99,6 mín Al	0	4 (28)	10 (69)	43	19
1100	A91100		0,05-0,2				99,0 mín Al	0	5 (34)	13 (90)	45	23
2024	A92024	0,1	3,8-4,9	1,2-1,8	0,3-0,9	0,5		T4	47 (324)	68 (469)	19	120
3003	A93003		0,05-0,2		1,0-1,5	0,6		H14	21 (145)	22 (152)	16	40
5052	A95052	0,15-0,35	0,1	2,2-2,8	0,1			0	13 (90)	28 (193)	30	47
5083	A95083	0,05-0,25	0,1	4,0-4,9	0,4-1,0	0,4		0	21 (145)			
5086	A95086	0,05-0,25	0,1	3,5-4,5	0,2-0,7	0,4		0	17 (117)	38 (262)	30	
5154	A95154	0,05-0,35	0,1	3,1-3,9	0,1	0,25		0	17 (117)	35 (241)	27	58
6061	A96061	0,04-0,35	0,15-0,4	0,8-1,2	0,15	0,4-0,8		T6	40 (276)	45 (310)	17	95
6063	A96063	0,1	0,1	0,45-0,9	0,1	0,2-0,6		T6	31 (214)	35 (241)	18	73
7075	A97075	0,18-0,28	1,2-2,0	2,1-2,9	0,3	0,40	5,1-6,1 Zn	T6	73 (503)	63 (572)	11	150
De moldeo												
242,0	A02420	0,25	3,5-4,5	1,2-1,8	0,35	0,7	1,7-2,3 Ni	S-T571		29 (200)		
295,0	A02950		4,0-5,0	0,03	0,35	0,7-1,5		S-T4		29 (200)	6	
A332,0	A13320		0,5-1,5	0,7-1,3	0,35	11-13	2,0-3,0 Ni	P-T351		31 (214)		
B443,0	A24430		0,15	0,05	0,35	4,5-6,0		S-F		17 (117)	3	
514,0	A05140		0,15	3,5-4,5	0,35	0,35		S-F		22 (152)	6	
520,0	A05200		0,25	9,5-10,6	0,15	0,25		S-T4	22(152)	42 (290)	12	

* Los valores que sólo tienen una cifra indican los máximos.
† Propiedades típicas a temperatura ambiente.
‡ S = moldeada en arena; P = moldeada en coquilla; otros = designaciones de los tratamientos.
Fuente: Aluminum Association. Cortesía de National Association of Corrosion Engineers. Para convertir de MPa a lb/in², multiplicar por 145,04.

TABLA 10

ALEACIONES DE COBRE

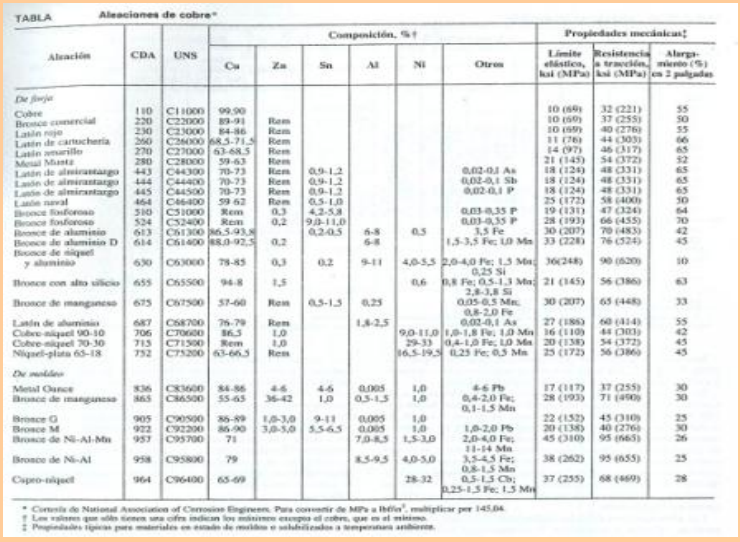


TABLA Aleaciones de cobre*

Aleación	CDA	UNS	Composición, %†						Propiedades mecánicas‡		
			Cu	Zn	Sn	Al	Ni	Otros	Límite elástico, ksi (MPa)	Resistencia a tracción, ksi (MPa)	Alargamiento (%) en 2 pulgadas
De forja											
Cobre	110	C11000	99,90						10 (69)	32 (221)	55
Bronce comercial	220	C22000	89-91	Rem					10 (69)	37 (255)	50
Latón rojo	230	C23000	84-86	Rem					10 (69)	40 (276)	55
Latón de cartuchería	260	C26000	68,5-71,5	Rem					11 (76)	44 (303)	66
Latón amarillo	270	C27000	63-68,5	Rem					14 (97)	46 (317)	65
Metal Muntz	280	C28000	59-63	Rem					21 (145)	54 (372)	52
Latón de almirantazgo	443	C44300	70-73	Rem	0,9-1,2			0,02-0,1 As	18 (124)	48 (331)	65
Latón de almirantazgo	444	C44400	70-73	Rem	0,9-1,2			0,02-0,1 Sb	18 (124)	48 (331)	65
Latón de almirantazgo	445	C44500	70-73	Rem	0,9-1,2			0,02-0,1 P	18 (124)	48 (331)	65
Latón naval	464	C46400	59-62	Rem	0,5-1,0				25 (172)	58 (400)	30
Bronce fosforoso	510	C51000	Rem	0,3	4,2-5,8			0,03-0,35 P	19 (131)	47 (324)	64
Bronce fosforoso	524	C52400	Rem	0,2	9,0-11,0			0,03-0,35 P	28 (193)	66 (455)	70
Bronce de aluminio	613	C61300	86,5-93,8		0,2-0,5	6-8	0,5	3,5 Fe	30 (207)	70 (483)	42
Bronce de aluminio D	614	C61400	88,0-92,5	0,2		6-8		1,5-3,5 Fe; 1,0 Mn	33 (228)	76 (524)	45
Bronce de níquel y aluminio	630	C63000	78-85	0,3	0,2	9-11	4,0-5,5	2,0-4,0 Fe; 1,5 Mn; 0,25 Si	36(248)	90 (620)	10
Bronce con alto silicio	655	C65500	94-8	1,5			0,6	0,8 Fe; 0,5-1,3 Mn; 2,8-3,8 Si	21 (145)	56 (386)	63
Bronce de manganeso	675	C67500	57-60	Rem	0,5-1,5	0,25		0,05-0,5 Mn; 0,8-2,0 Fe	30 (207)	65 (448)	33
Latón de aluminio	687	C68700	76-79	Rem		1,8-2,5		0,02-0,1 As	27 (186)	60 (414)	55
Cobre-níquel 90-10	706	C70600	86,5	1,0			9,0-11,0	1,0-1,8 Fe; 1,0 Mn	16 (110)	44 (303)	42
Cobre-níquel 70-30	715	C71500	Rem	1,0			29-33	0,4-1,0 Fe; 1,0 Mn	20 (138)	54 (372)	45
Níquel-plata 65-18	752	C75200	63-66,5	Rem			16,5-19,5	0,25 Fe; 0,5 Mn	25 (172)	56 (386)	45
De moldeo											
Metal Ounce	836	C83600	84-86	4-6	4-6	0,005	1,0	4-6 Pb	17 (117)	37 (255)	30
Bronce de manganeso	865	C86500	55-65	36-42	1,0	0,5-1,5	1,0	0,4-2,0 Fe; 0,1-1,5 Mn	28 (193)	71 (490)	30
Bronce G	905	C90500	88-89	1,0-3,0	9-11	0,005	1,0		22 (152)	45 (310)	25
Bronce M	922	C92200	86-90	3,0-5,0	5,5-6,5	0,005	1,0	1,0-2,0 Pb	20 (138)	40 (276)	30
Bronce de Ni-Al-Mn	957	C95700	71			7,0-8,5	1,5-3,0	2,0-4,0 Fe; 11-14 Mn	45 (310)	95 (665)	26
Bronce de Ni-Al	958	C95800	79			8,5-9,5	4,0-5,0	3,5-4,5 Fe; 0,8-1,5 Mn	38 (262)	95 (655)	25
Cupro-níquel	964	C96400	65-69				28-32	0,5-1,5 Cb; 0,25-1,5 Fe; 1,5 Mn	37 (255)	68 (469)	28

* Cortesía de National Association of Corrosion Engineers. Para convertir de MPa a lb/in², multiplicar por 145,04.
† Los valores que sólo tienen una cifra indican los máximos excepto el cobre, que es el mínimo.
‡ Propiedades típicas para materiales en estado de recibo o solubilizados a temperatura ambiente.

El cobre y sus aleaciones se emplea en procesos químicos sobre todo cuando la conductividad térmica y eléctrica son factores a tener en cuenta, existe un gran numero se aleaciones de cobre entre los cuales citamos al Laton, bronce y cuproníquel. En general el cobre y sus aleaciones tiene resistencia elevada a las atmósferas industriales y marinas, el agua de mar , los álcalis y los disolventes.

1.4 Casos de estudio del grado de corrosividad sobre materiales.

Siguiendo el proceso de evaluación los materiales seleccionados serán sometidos a la prueba de laboratorio donde sabremos el grado de aceptación de cada material considerado, la consecuencia de pensar que un material es no idóneo y el aprovechamiento del tiempo para conocer ciertas características o grado de aceptación que no se conoció en ciertos materiales.

Pues bien! Luego de conocer los diversos materiales aplicables para ambientes marinos con sus características tales como: maquinado, soldabilidad, formas de manufactura, transferencia de calor, conductividad eléctrica, máximas esfuerzos, temperaturas de operación. Citamos una tabla la cual nos proporciona datos importantes del grado de aceptación o desempeño que tienen los materiales frente a: medios no oxidantes o reductores (soluciones

acidas, neutras y alcalinas), líquidos sean estos medios oxidantes y aguas naturales (agua dulce y salada ya sea estático o turbulento) y por ultimo gases generados en los medios industriales

TABLA 11

PROPIEDADES GENERALES DE CORROSIÓN

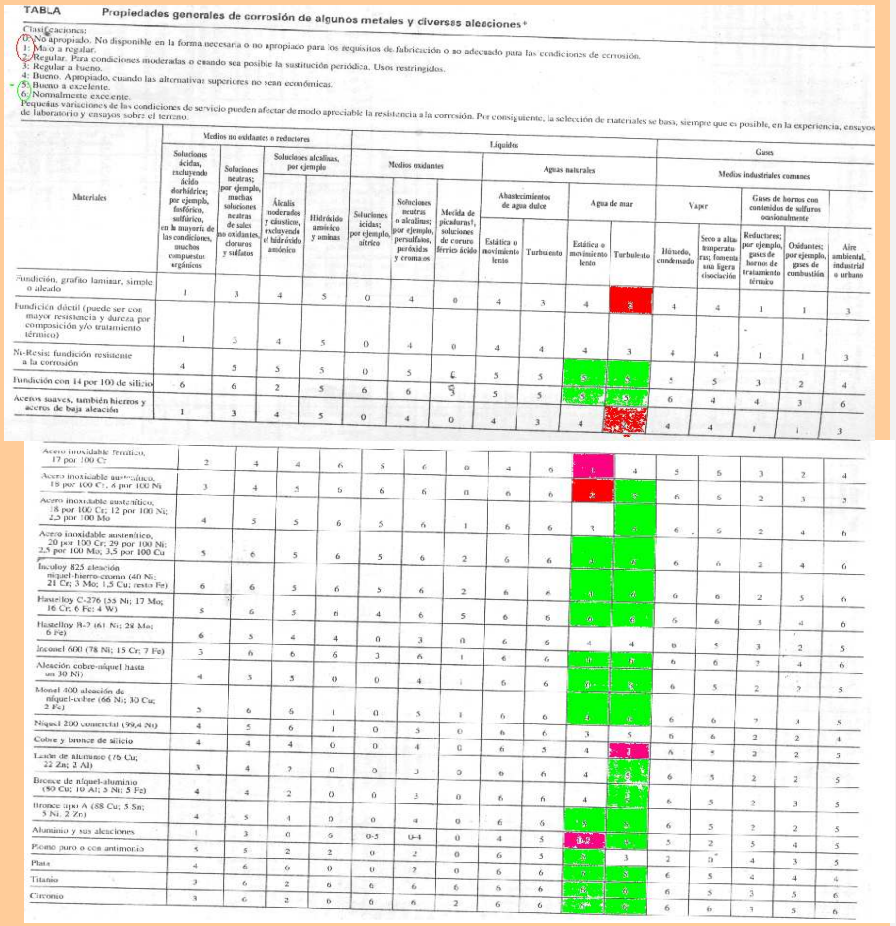


TABLA Propiedades generales de corrosión de algunos metales y diverss aleciones*

Clasificaciones:
0: No apropiado. No disponible en la forma necesaria o no apropiado para los requisitos de fabricación o no adecuado para las condiciones de corrosión.
1: Malo a regular.
2: Regular. Para condiciones moderadas o cuando sea posible la sustitución periódica. Usos restringidos.
3: Regular a bueno.
4: Bueno. Apropiado, cuando las alternativas superiores no sean económicas.
5: Bueno a excelente.
6: Normalmente excelente.
Pequeñas variaciones de las condiciones de servicio pueden afectar de modo apreciable la resistencia a la corrosión. Por consiguiente, la selección de materiales se basa, siempre que es posible, en la experiencia, ensayos de laboratorio y ensayos sobre el terreno.

Materiales	Medios no oxidantes o reductores				Líquidos							Gases				
					Medios oxidantes			Aguas naturales				Medios industriales comunes				
	Soluciones ácidas, excluyendo ácido clorhídrico; por ejemplo, fosfórico, sulfúrico, en la mayoría de las condiciones, muchos compuestos orgánicos	Soluciones neutras; por ejemplo, muchas soluciones neutras de sales no oxidantes, cloruros y sulfatos	Soluciones alcalinas, por ejemplo					Abastecimientos de agua dulce		Agua de mar		Vapor		Gases de hornos con contenidos de sulfuros ocasionalmente		
			Álcalis moderados y cáusticos, exclusyendo el hidróxido amónico	Hidróxido amónico y aminas	Soluciones ácidas; por ejemplo, nítrico	Soluciones neutras o alcalinas; por ejemplo, persulfatos, peróxido y cromatos	Mezcla de picadura/, soluciones de cuerpo férrico ácido	Estática o movimiento lento	Turbulento	Estática o movimiento lento	Turbulento	Húmedo, condensado	Seco a alta temperatura; fomenta una ligera oxidación	Reductores; por ejemplo, gases de hornos de tratamiento térmico	Oxidantes; por ejemplo, gases de combustión	Aire ambiental, industrial o urbano
Fundición, grafito laminar, simple o aleado	1	3	4	5	0	4	0	4	3	4	[illegible]	4	4	1	1	3
Fundición dúctil (puede ser con mayor resistencia y dureza por composición y/o tratamiento térmico)	1	3	4	5	0	4	0	4	4	4	3	4	4	1	1	3
Ni-Resist fundición resistente a la corrosión	4	5	5	5	0	5	[illegible]	5	5	[illegible]	[illegible]	5	5	3	2	4
Fundición con 14 por 100 de silicio	6	6	2	5	6	6	[illegible]	5	5	[illegible]	[illegible]	6	4	4	3	6
Aceros suaves, también hierros y aceros de baja aleación	1	3	4	5	0	4	0	4	3	4	[illegible]	4	4	1	1	3
Acero inoxidable ferrítico, 17 por 100 Cr	2	4	4	6	5	6	0	4	6	[illegible]	4	5	5	3	2	4
Acero inoxidable austenítico, 18 por 100 Cr; 8 por 100 Ni	3	4	5	6	6	6	0	6	6	[illegible]	[illegible]	6	6	2	3	5
Acero inoxidable austenítico, 18 por 100 Cr; 12 por 100 Ni; 2,5 por 100 Mo	4	5	5	6	5	6	1	6	6	[illegible]	[illegible]	6	6	2	4	6
Acero inoxidable austenítico, 20 por 100 Cr; 29 por 100 Ni; 2,5 por 100 Mo; 3,5 por 100 Cu	5	6	5	6	5	6	2	6	6	[illegible]	[illegible]	6	6	2	4	6
Incoloy 825 aleación níquel-hierro-cromo (40 Ni; 21 Cr; 3 Mo; 1,5 Cu; resto Fe)	6	6	5	6	5	6	2	6	6	[illegible]	[illegible]	6	6	2	5	6
Hastelloy C-276 (55 Ni; 17 Mo; 16 Cr; 6 Fe; 4 W)	5	6	5	6	4	6	5	6	6	[illegible]	[illegible]	6	6	3	4	6
Hastelloy B-2 (61 Ni; 28 Mo; 6 Fe)	6	5	4	4	0	3	0	6	6	[illegible]	[illegible]	6	5	3	2	5
Inconel 600 (78 Ni; 15 Cr; 7 Fe)	3	6	6	6	3	6	1	6	6	[illegible]	[illegible]	6	6	3	4	6
Aleación cobre-níquel hasta un 30 Ni	4	5	5	6	0	4	1	6	6	[illegible]	[illegible]	6	5	2	3	5
Monel 400 aleación de níquel-cobre (66 Ni; 30 Cu; 2 Fe)	5	6	6	1	0	5	1	6	6	[illegible]	[illegible]	6	6	3	3	5
Níquel 200 comercial (99,4 Ni)	4	5	6	1	0	5	0	6	6	3	5	6	6	2	2	4
Cobre y bronce de silicio	4	4	4	0	0	4	0	6	5	4	[illegible]	6	5	2	2	5
Latón de aluminio (76 Cu; 22 Zn; 2 Al)	3	4	2	0	0	3	0	6	6	4	[illegible]	6	5	2	2	5
Bronce de níquel-aluminio (80 Cu; 10 Al; 5 Ni; 5 Fe)	4	4	2	0	0	3	0	6	6	4	[illegible]	6	5	2	3	5
Bronce tipo A (88 Cu; 5 Sn; 5 Ni, 2 Zn)	4	5	4	0	0	4	0	6	6	[illegible]	[illegible]	6	5	2	2	5
Aluminio y sus aleaciones	1	3	0	6	0-5	0-4	0	4	5	[illegible]	[illegible]	5	2	5	4	5
Plomo puro o con antimonio	5	5	2	2	0	2	0	6	3	[illegible]	3	2	0	4	3	5
Plata	4	6	6	0	0	3	0	6	6	[illegible]	[illegible]	6	5	4	4	6
Titanio	3	6	2	6	6	6	6	6	6	[illegible]	[illegible]	6	5	3	5	6
Circonio	3	6	2	6	6	6	2	6	6	[illegible]	[illegible]	6	6	3	5	6

Esta tabla me dice que los materiales que están en recuadro de color verde son materiales que tiene un buen desempeño en agua salada y los recuadros de color rojo son aquellos que me generaran problemas, siendo así preseleccionare algunos materiales y los someteré en pruebas de laboratorio- nieblas salina con agua tomada del puerto de la armada de la base sur y analizare los resultados que obtendré a sabiendas que además de ser agua salada este posee un Ph de tipo acido lo cual acorta la vida útil de los materiales .

CAPITULO 2

2. ENSAYOS DE CORROSIÓN EN LABORATORIO APLICANDO LA NORMA ASTM.

2.1 Descripción del proceso para la construcción del equipo a utilizar según la norma.

Aquí se da a conocer, con base en las normas ASTM B-117 (apéndice 3), los parámetros básicos para la construcción del equipo para evaluación de la corrosión en materiales, cuyas severas condiciones ambientales, se crean mediante la formación de una niebla salina a la que se exponen las muestras.

La apreciación de la resistencia a la corrosión de los materiales se realiza con base a ensayos de laboratorio. Se valora cualquier característica del material, relacionada con la destrucción química desarrollada durante la acción del medio agresivo sobre las probetas de ensayo.

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto, Color de fuente: Automático, Español (alfab. internacional)

Con formato: nottitulo2, Justificado, Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: 1,5 líneas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 16 pto, Color de fuente: Automático, Español (México)

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm, Interlineado: Doble

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

La importancia de los datos sobre la resistencia a la corrosión para efectos prácticos en la industria se hace apremiante, debido a los altos costos asociados al mantenimiento de componentes de máquinas y estructuras. Se recurre entonces a los ensayos acelerados de corrosión, los cuales suministran valiosa información para crear programas preventivos y de mantenimiento.

Los ensayos de laboratorio, llamados también ensayo rápidos se efectúan tratando de exagerar las condiciones de exposición que se presentan en servicio. Entre los ensayos de laboratorio se encuentran los siguientes:

Inmersión total o parcial: Este ensayo suele utilizarse para producir condiciones naturales que se dan en ambientes corrosivos.

Ensayos de Simulación Atmosférica: Son aquellos ensayos de laboratorio que se usan para producir tipos de corrosión que se dan al exponer las aleaciones a los distintos tipos de atmósferas en su uso normal.

Exposición a Vapores Nítricos: Consiste en colocar las probetas suspendidas sobre un Erlenmeyer de cuello largo lleno parcialmente de ácido nítrico a 50°C. Este método se ha empleado principalmente

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm, Interlineado: Doble

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto, Negrita

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto, Negrita

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm, Interlineado: Doble

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto, Negrita

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm, Interlineado: Doble

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

para evaluar la resistencia de algunos cromados y latones a ciertas atmósferas altamente corrosivas.

Parámetros de construcción de la cámara salina

Las medidas de la cámara salina se deben ajustar las normas ASTM B117 (apéndice 3) que señalan las condiciones de exposición en la zona de trabajo de la cámara.

TABLA 12

PARAMETROS DE DISEÑO DE CAMARA DE NIEBLA SALINA

Geometría del espacio interior	Temperatura ^{0}C	Humedad relativa %	Atomización
Tamaño mínimo recomendado 15 pies cúbicos, las muestras se cuelgan en las gancheras entre 15^0 - 30^0 paralelas al flujo horizontal de la niebla, el techo deberá poseer una inclinación no inferior a 30^0 respecto a la horizontal	33,3 a 37	95 a 98	Precipitación de la niebla en un área de 80 centímetros cuadrados por cada hora de atomización continua de solución salina al 5% de cloruro de sodio disuelto en agua destilada,

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm, Interlineado: Doble

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Interlineado: Doble

Geometría de la Cámara

La cabina deberá ser de tamaño suficiente para probar adecuadamente el número deseado de partes sin aglomerarlas. Para tal efecto la norma ASTM B117 (apéndice 3) establece que la capacidad mínima de la cabina pequeña sea de 0.43 metros cúbicos. La cámara debe hacerse con materiales inertes como plástico, vidrio o piedra, pero se construye preferiblemente de metal y se recubre con un material resistente a la solución salina. Para este proyecto se han establecido las dimensiones que aparecen en la tabla

TABLA 13

DIMENSIONES DE LA CAJA

Ancho	50 cm
Largo	100 cm
Alto hasta la parte más baja del techo	73 cm
Alto hasta la parte más alta del techo	98 cm
Inclinación del techo	45 º

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto, Sin Negrita

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm, Interlineado: Doble

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Centrado, Interlineado: Doble

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto, Negrita

Aislamiento Térmico

Se establece que entre cabinas grande y pequeña no hayan pérdidas significativas de calor, y se garantice que la temperatura dentro de la zona de exposición de la cámara varíe entre 33,3 °C a 36,1 °C, como se menciona en [1].

Todo aislante térmico se opone en mayor o menor grado al paso de calor a través de sus paredes; un buen aislante térmico además de ser mal conductor de calor, debe ser impermeable al agua, al vapor de agua, ausencia de olor y encerrar el aire que habrá en su interior.

El material seleccionado para la construcción de la cabina de acuerdo a los requerimientos que exige la norma es el vidrio.

A continuación se describe cálculo o perdida de calor que se tiene a través de las paredes de la cámara:

Suposiciones:

1.- condiciones de estado estable.

2.- conducción unidimensional a través de la pared

3.- conductividad térmica constante.

4.- temperatura ambiente T_{amb} = 28 ºc

A_{TOTAL} = Área total

E= espesor = 0.004 m

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm, Interlineado: Doble

Con formato: Subíndice

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial

Con formato: Subíndice

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, Subíndice

Con formato: Subíndice

Análisis: como la transferencia de calor por la pared de vidrio se realiza por conducción, el flujo de calor se determina a través de la ley de Fourier

Conductividad térmica del vidrio $K = 0.058\ w/(m^2.ºk)$

Temperatura en interior de la cabina $T_1 = 37ºc$

$qw''_x = K\ \Delta t / E$

$q''_x = 0.058\ w/(m^2.ºk) * 9\ ºk/0.004\ m$

Perdida de calor $= q_x = q''_x * A_t$

$q_x = 130.5\ w/m^2 * 3.19\ m^2$

$q_x = 416.295$ w. (perdida que se considera despreciable)

FIGURA 2.1 CAMARA DE NIEBLA SALINA

Con formato: Justificado, Interlineado: Doble

Con formato: Justificado, Interlineado: Doble

Con formato: Sin subrayado, Subíndice

Con formato: Subíndice

Con formato: Subíndice

Con formato: Sin subrayado

Con formato: Subíndice

Con formato: Subíndice

Con formato: Subíndice

Con formato: Superíndice

Con formato: Superíndice

Con formato: Justificado, Interlineado: Doble

Canal de cierre de la cámara

La función de este canal es no permitir la evasión de vapores generados durante y después del ensayo; está ubicado exactamente en la parte superior de las paredes exteriores de la cámara y unido a la cabina inferior normal.

Sistema de generación de niebla

Este modelo consta de un recipiente aislado térmicamente en el que se colocan unos soportes porta probetas. Pero para que éste produzca los resultados esperados es necesario implementar un sistema de suministro que permita generar la niebla que establece la norma.

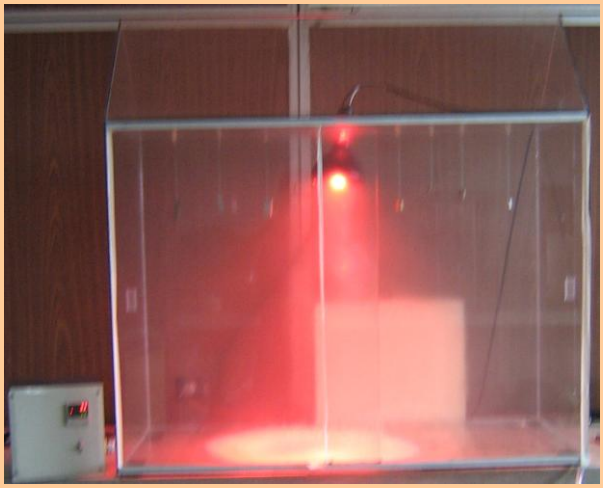


FIGURA 2.2 CAMARA GENERANDO NIEBLA SALINA

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm, Interlineado: Doble

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto, Negrita

FIGURA 2.3 MUESTRAS EN LA CAMARA DE NIEBLA SALINA

El atomizador para el caso es uno usado comercialmente para pintar con capacidad para 2 litros de solución salina con ajustador de la niebla, usa aire comprimido a 40 psi con compresor sin lubricación de aceite.

Aprovisionamiento de Solución Salina: La solución salina es, de acuerdo con [1], 4% a 6% de NaCl disuelto en agua destilada; la cantidad de niebla debe ser tal que, en un área colectora horizontal de 80 cm cuadrados, se produzca una deposición de 1 a 2 mililitros por hora de pulverización continua. La solución se prepara disolviendo 5 +/- 1 partes por peso de cloruro de sodio en95 partes

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto, Sin Negrita

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

de agua destilada que no contenga más de 200 ppm de sólidos en total. El cloruro de sodio deberá estar sustancialmente libre de impurezas y de otros elementos que impidan al atomizador su función normal.

La cámara debe constar de un control de humedad, un elemento calefactor de la cámara y un sensor para controlar la temperatura.

Tanque de reserva de solución salina: Este tanque va conectado al tanque alimentador del aspersor; debe tener una capacidad de almacenamiento para trabajo mínimo de 24 horas.

Tanque de reserva de agua: Permite mantener con el nivel óptimo de agua a la cámara, para su funcionamiento normal.

Condiciones para el funcionamiento de la cámara salina

Algunas condiciones se han calculado con base en las fórmulas suministradas en [2], [4] y [5]; se presenta a continuación un resumen de las mismas: Cantidad de solución salina a rociar por unidad de tiempo: Suponiendo que la deposición de solución salina sobre las superficies colectoras ocurra solamente por efectos de la gravedad, entonces dichas superficies colectoras serán la suma del área del piso más el área de la proyección horizontal de la superficie superior de 30 probetas que, según la norma, se pueden alojar a la vez en la cámara.

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm, Interlineado: Doble

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto, Sin Negrita

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto, Sin Negrita

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Justificado, Interlineado: Doble

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm, Interlineado: Doble

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto, Sin Negrita

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Área Piso (100 cm x 50 cm)= 5000 cm^2.

Área Probetas (5 cm x 5 cm)= 25 cm^2.

Según la norma ASTM B117 la posición de las probetas, debe ser formando un ángulo entre 15° y 30° con la vertical. Por lo tanto, tomando como referencia 15°, la proyección horizontal es 51.76 cm^2.

Área total = 5051.76 cm^2.

Según la norma [1]: El flujo de solución salina es;

(2 ml Sol / h) x (5051.76 cm^2 / 80 cm^2)= 126.3 ml / h

Cantidad de solución salina que se debe hacer pasar por la boquilla del pulverizador, a fin de producir la deposición exigida por la norma [1], es de 126.3 ml / h

126.3 ml / h x 24 h = 3031 ml en reserva para operar la cámara en períodos continuos de 24 horas.

Aire a suministrar al pulverizador:

Flujo másico = 1,05 gr mol aire / min

Volumen de aire libre aspirado

V = 1,27 pie3 / min

Humedad del Aire: 97%; según la norma [1] entre

95% y 98%

Volumen de agua en el tanque de reserva

V = 2068.4 cm3.

Determinación del sistema de calefacción del saturador:

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto
Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto
Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto
Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto, Superíndice
Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto
Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto
Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto
Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto, Superíndice
Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto
Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto
Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto, Superíndice
Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto
Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto
Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto, Superíndice
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...

Se calcula el calor necesario para llevar la cantidad de agua requerida a la temperatura especificada en la norma de referencia; a esto se le suma el calor necesario para elevar la temperatura del aire requerido a presión constante de 20 Psi, más la presión atmosférica del lugar.

Wt = 1255 Watt

Tanque de toma de solución salina

Su función es alimentar al aspersor, elaborado en polietileno en un diámetro de 30 cm y una altura de 28

cm, provisto con una tapa también en polietileno, con el fin de evitar la contaminación de la solución. En esta tapa se encuentra ubicado el aspersor y el ducto de salida de la niebla que está elaborado en PVC y tiene una altura de 40 cm y un diámetro de 12 cm.

La parte superior consta de un cono aspersor cuyo fin es homogenizar la niebla en toda la zona de trabajo y con una inclinación de 30° respecto a la vertical.

Bastidor

Construido en tubo cuadrado de 1 pulgada en calibre 20, soldado por proceso SMAW electrodo E6013, con una altura total de 150 cm y un ancho de 39 cm dividido en 3 secciones en las cuales descansan los tanques descritos anteriormente.

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm, Interlineado: Doble

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm, Interlineado: Doble

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm, Interlineado: Doble

Elemento calefactor del tanque interior

Consta de una resistencia de 600 Watt que consume 110 voltios y 5,4 amperios; tiene como función calentar la zona de trabajo a un rango de 33,3 a 36,1 °C leída por un termómetro con una escala de 0 a 140 °C y conectado a un termostato que la desconecta

Compresor

Posee una capacidad de bombeo de 160 Psi, las características del motor son 1725 RPM a 110/220 voltios de 1.5 HP que consume 11.5 amperios.

Ductos de Aire

Utilizado para la conducción de aire comprimido entre compresor y el filtro saturador, empleando una manguera de caucho reforzado en malla de nylon, con una resistencia de 300 Psi según especificación del fabricante, con un diámetro de 3/8 de pulgada. El resto de conductos poseen el mismo diámetro y resistentes a la temperatura hasta 150 °C.

Filtro de Aire

Ubicado a la salida del compresor unido a la válvula reguladora, garantizando una presión de 40 Psi a la salida.

Termocupla: Se instala una termocupla para control de temperatura dentro de la zona efectiva cuyo rango operacional oscila entre 30-150 °C, presentando una sensibilidad de más o menos 0,5°C.

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm, Interlineado: Doble

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm, Interlineado: Doble

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto, Negrita

Conductores Eléctricos

Se instalan cables de cobre revestido con una capa de PVC conocido comercialmente como cable dúplex número 12 según especificaciones de la SGAT.

Ductos de desagüe y evacuación de gases

Puesto que la solución salina empleada en los ensayos no es recirculable, sino que por el contrario, cada vez que se efectué un ensayo se debe desechar esta solución, así como también la salida de los gases producidos durante el proceso, esta evacuación se realiza por tubería de PVC de ½ pulgada de diámetro.

Soportes Porta Probetas

Ubicada y distribuidos en la parte superior interna de la cámara. De una forma tal que permita el contacto homogéneo de la niebla y aislados (uso de materiales polímetros y separados distancia prudente).

Colectores de Niebla

Construidos por un embudo de 8 a 10 cm de diámetro con una pipeta de escala de 0 a 3 mm mínimo. Estos se deben colocar de tal manera que las gotas procedentes de la muestra o de cualquier otra superficie no sean recogidas.

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm, Interlineado: Doble

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm, Interlineado: Doble

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm, Interlineado: Doble

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,59 cm, Interlineado: Doble

2.2 Pruebas del equipo previo al periodo de exposición de las muestras

Basados en la norma ASTM B117 se procedió al la construcción del equipo, equipo que nos brindaría un ambiente altamente corrosivo el cual esta controlado por temperatura, humedad, concentración de cloruro de sodio. A este ambiente ingresaran aleaciones metálicas que tienen buen desempeño en ambientes corrosivos, los cuales fueron preseleccionados de los diferentes materiales de apoyos que se consultaron, las muestras permanecerán en la cámara un periodo de 200 horas en la cual se llevara un control o monitoreo de los cambios que se vayan dando según el avance del tiempo. Se están preparando dos muestras por cada aleación, la primera etapa consiste en hacer el estudio o monitoreo de las muestras con la solución tomada del estero salado, y la otra etapa consiste en exponer las muestras a la solución que establece la norma ASTM B117, culminado el periodo de prueba de realizaran análisis comparativos según establece la norma en base al deterioro sufrido por las muestras.

Para identificar las muestra una con respecto a otra con una marquilla de les coloco identificación además con esta identificación se evita escribir todo el nombre del metal

TABLA 14

IDENTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES QUE INGRESAN EN PRIMERA ETAPA

MUESTRA	CODIGO
Bronce-Al	0A
AISI 304	1A
Hierro gris	2A
Latón	3A
AISI 306	4A
AISI 406	5A
Silver Brass	7A

TABLA 15

IDENTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES QUE INGRESAN EN SEGUNDA ETAPA

MUESTRA	CODIGO
Bronce-Al	0X
AISI 304	1X
Hierro gris	2X
Latón	3X
AISI 306	4X
AISI 406	5X
Silver Brass	7X

.

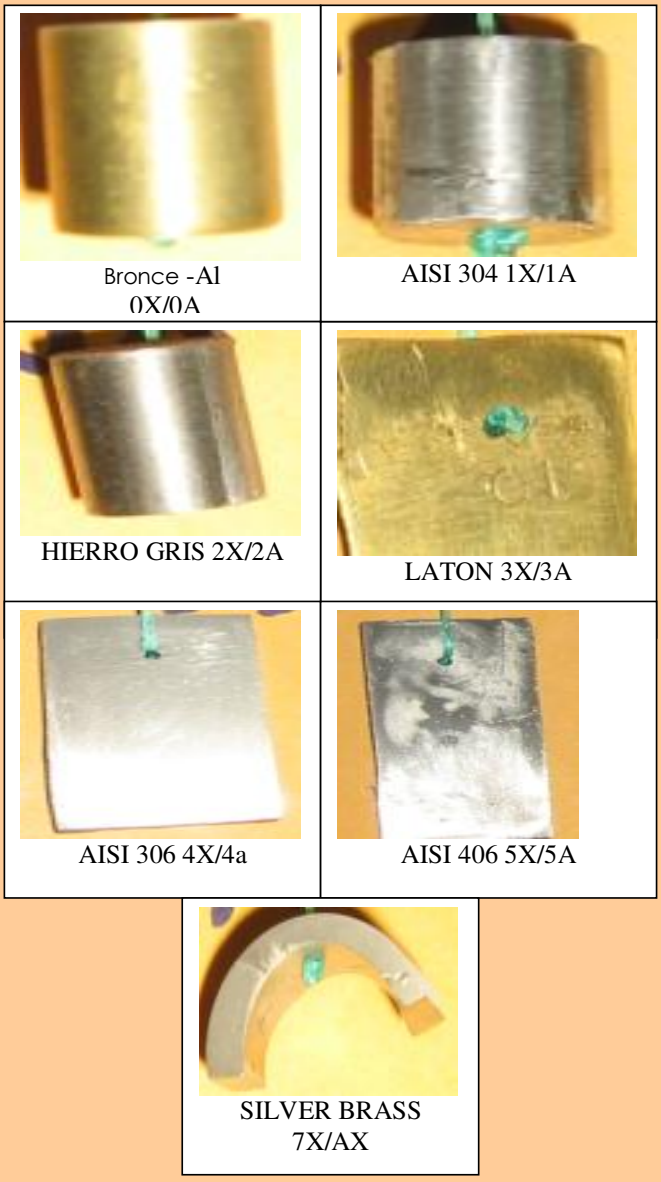
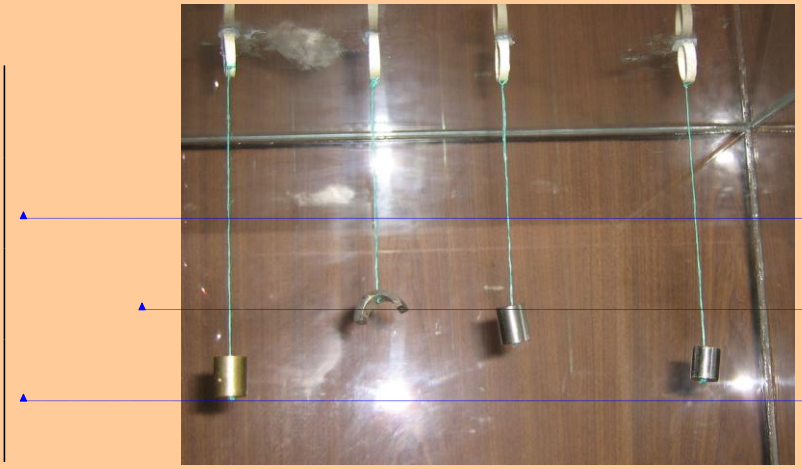


FIGURA 2.4 MATERIALES ANTES DE INGRESAR A LA PRUEBA

CON SU IDENTIFICACIÓN



Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto, Color de fuente: Automático

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,9 cm, Interlineado: Doble

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, 12 pto

FIGURA 2.5 MUESTRAS PARA LA PRUEBA EN SUS COLGADORES

2.3 Descripción del proceso para escoger muestras de agua del estero salado y análisis físico-químico del mismo.

Para recoger muestra de agua del estero se siguió la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo.

Para este caso se consideró profundidad del estero, el área de estudio o donde se desenvuelven los equipos y maquinarias, Movimiento periódico y alternativo de ascenso y descenso de las aguas del estero, estación (invierno o verano),

Considerando estas variantes y con la ayuda de personal de la armado se tomaron las muestras en envases limpios e inertes los mismo que fueron llevados al instituto de ingeniería química de la ESPOL para realizar un análisis del PH y se determino que el pH en el lugar de estudio es de 6.7.

2.4 Preparación de las muestras para el ensayo.

La preparación de las probetas consistió en obtener la muestra de los materiales seleccionados y prepararlos con superficies pulidas a través del método de que consiste en utilizar lijas de carburo de silicio que van desde la No. 100 hasta la fina No.1200, de tal manera que se puedan eliminar todos los óxidos, luego de este proceso se procedió a pesar cada muestra metálica (pesa digital), para dejar asentado con que peso ingresa.

FIGURA 2.6 PREPARACIÓN DE MUESTRAS

CAPITULO 3

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como se ha descrito las muestras ingresan a la cámara de niebla salina expuestas a dos soluciones (agua estándar, agua del Estero Salado). La permanencia de las muestras en la cámara fué de 200 horas, los controles efectuados durante la permanencia fue el peso de cada una a la entrada de la cámara luego se llevara una hoja de control en la cual se anotaran los cambios que sufren las muestras, las observaciones hechas en esta hoja de control serán diarias o en acuerdo a las anomalías superficiales que presenten las muestras y acompañando esta información se tomaron fotos para visualizar los cambios y que luego fueron interpretados conjuntamente con la hoja de control.

3.1 Resultados obtenidos mediante la solución estándar

Las muestras ingresan el 24 de febrero 2006, éstas están identificadas con el código X (figura 2.4). Las muestras estarán expuesta a una solución estándar que consiste en agua destilada 95 % en peso mas cloruro de sodio al 5 % en peso durante un periodo de 200 horas consecutivas es decir que el proceso termino el 4 de marzo del 2006, 16h00. Ingresadas las muestras se realiza el control de las muestras con el siguiente cronograma de inspección.

TABLA 16

CRONOGRAMA DE INSPECCIÓN

Fecha	Acciones a Realizar
24-Feb-06	ingresan muestras 8:00 a.m.
25-Feb-06	se toma nota de los cambios y fotos
26-Feb-06	se toma nota de los cambios
27-Feb-06	se toma **nota** de los cambios y fotos
28-Feb-06	se toma nota de los cambios y fotos
02-Mar-06	se toma nota de los cambios y fotos
04-Mar-06	se toma nota de los cambios y fotos; finaliza proceso 4:00 p. M.

TABLA 17

HOJA DE CONTROL PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN (25/FEBRERO/06)

FECHA	HORA	CODIGO	MATERIAL	SOLUCIÓN	OBSERVACIONES	FOTO
25-Feb-06	14:00	0X	Bronce-Al	Agua Salada	No presenta cambio	
25-Feb-06	14:00	1X	AISI 304	Agua Salada	No presenta cambio	
25-Feb-06	14:00	2X	Hierro gris	Agua Salada	Presencia leve de oxido	
25-Feb-06	14:00	3X	Latón	Agua Salada	Presencia de unos pigmentos de color café	
25-Feb-06	14:00	4X	AISI 306	Agua Salada	No presenta cambio	
25-Feb-06	14:00	5X	AISI 406	Agua Salada	No presenta cambio	
25-Feb-06	14:00	7X	Silver Brass	Agua Salada	No presenta cambio	

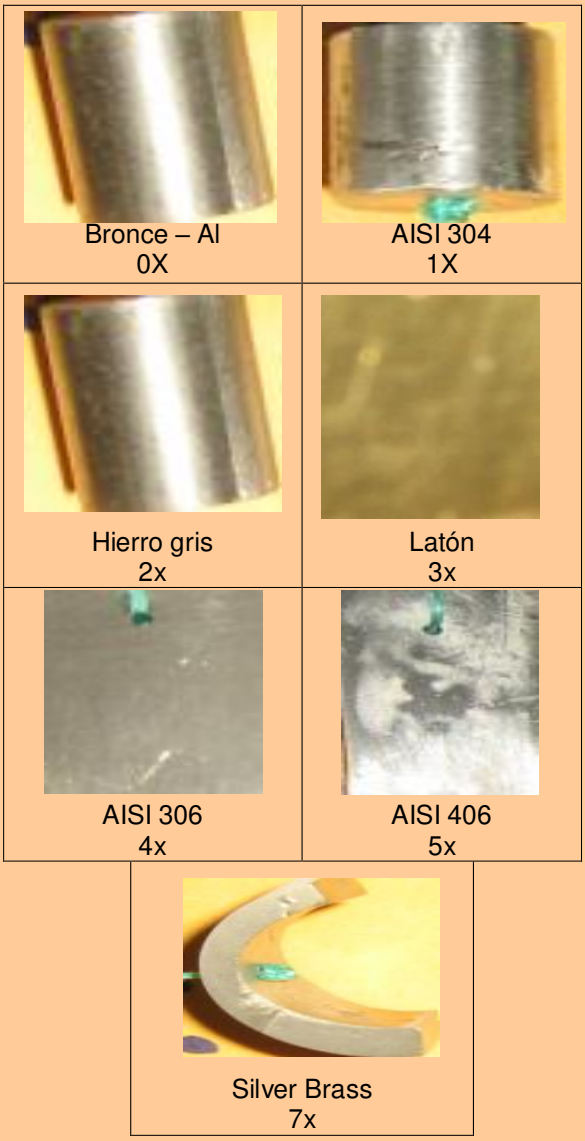


FIGURA 2.7 MATERIALES PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN

(25/FEB/06)

TABLA 18

HOJA DE CONTROL PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN (26/FEBRERO/06)

FECHA	HORA	CODIGO	MATERIAL	SOLUCIÓN	OBSERVACIONES	FOTO
26-Feb-06	09:00 - 18:00	0X	Bronce-Al	Agua Salada	La muestra empieza a perder el brillo inicial. Se observa la presencia de una raya de color negro	
26-Feb-06	09:00 - 18:01	1X	AISI 304	Agua Salada	Se detecta una capa de color blanco en la superficie. La capa color blanco se vuelve más notoria	
26-Feb-06	09:00 - 18:02	2X	Hierro gris	Agua Salada	Se intensifica el color café de la muestra. La corrosión se vuelve más evidente y oscura	
26-Feb-06	09:00 - 18:03	3X	Latón	Agua Salada	Se observa una capa de oxido color rosa. En los laterales de la muestra se intensifica el color	
26-Feb-06	09:00 - 18:04	4X	AISI 306	Agua Salada	No se visualiza corrosión. Se divisa una capa color dorado	
26-Feb-06	09:00 - 18:05	5X	AISI 406	Agua Salada	Existe pérdida del brillo inicial. La muestra se vuelve opaca (mayor pérdida del brillo)	
26-Feb-06	09:00 - 18:06	7X	Silver Brass	Agua Salada	La muestra presenta una capa color blanco. La capa de oxido cambia de blanco a gris oscuro	

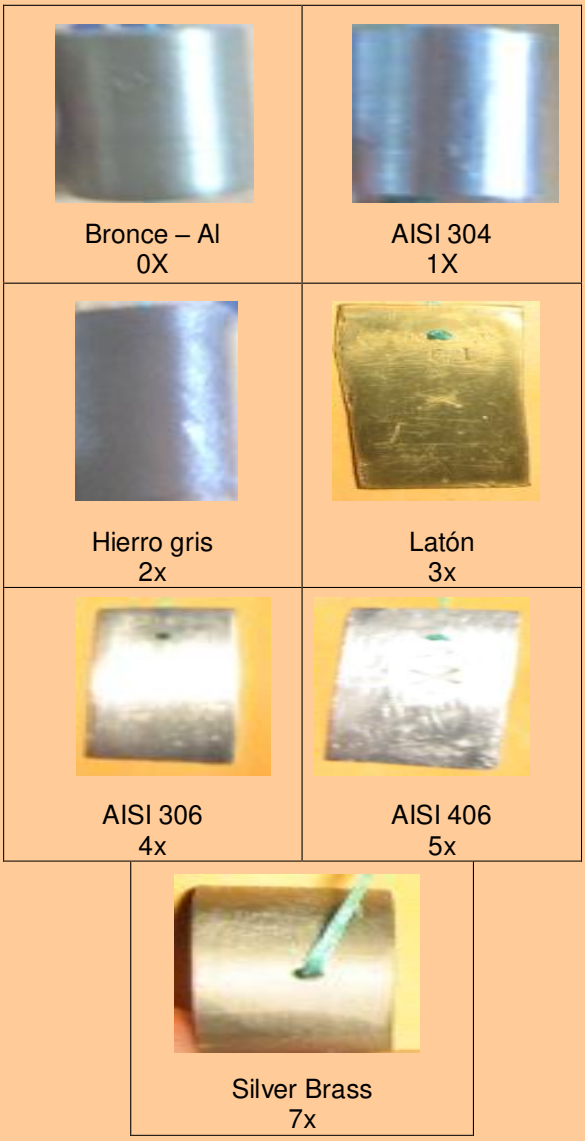


FIGURA 2.8 MATERIALES PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN

(26/FEB/06)

TABLA 19

HOJA DE CONTROL PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN (27/FEBRERO/06)

FECHA	HORA	CODIGO	MATERIAL	SOLUCIÓN	OBSERVACIONES	FOTO
27-Feb-06	6:10 - 6:30	0X	Bronce-Al	Agua Salada	La muestra empieza a perder el brillo inicial. Se observa la presencia de una raya de color negro	
27-Feb-06	6:10 - 6:30	1X	AISI 304	Agua Salada	Se observan leves pigmentos de ocido. No se reportan variantes	
27-Feb-06	6:10 - 6:30	2X	Hierro gris	Agua Salada	La muestra presenta corrosión muy alta. No se reportan variantes	
27-Feb-06	6:10 - 6:30	3X	Latón	Agua Salada	Los laterales se muestran diferentes. A1 color dorado y A2 gris oscuro. No se reportan variantes	
27-Feb-06	6:10 - 6:30	4X	AISI 306	Agua Salada	Color superficie amarillo pardo. No se repiten variables	
27-Feb-06	6:10 - 6:30	5X	AISI 406	Agua Salada	Color superficie plata. No se repiten variables	
27-Feb-06	6:10 - 6:30	7X	Silver Brass	Agua Salada	Color superficie gris. No se repiten variables	

FIGURA 2.9 MATERIALES PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN

(27/FEB/06)

TABLA 20

HOJA DE CONTROL PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN (28/FEBRERO/06)

FECHA	HORA	CODIGO	MATERIAL	SOLUCIÓN	OBSERVACIONES	FOTO
28-Feb-06	6:10 - 6:30	0X	Bronce-Al	Agua Salada		
28-Feb-06	6:10 - 6:30	1X	AISI 304	Agua Salada	La presencia de corrosión es más notorio, es decir se ha incrementado en el color verde	
28-Feb-06	6:10 - 6:30	2X	Hierro gris	Agua Salada	Transcurrido las 92 horas de exposición, se observa que está totalmente para ambiente marinos (Se corroe rápidamente)	
28-Feb-06	6:10 - 6:30	3X	Latón	Agua Salada	El proceso de corrosión es más visible. Se presenta oxido de un lado de muestra y orificios del lado izquierdo	
28-Feb-06	6:10 - 6:30	4X	AISI 306	Agua Salada	La muestra está cubierta de una superficie verde	
28-Feb-06	6:10 - 6:30	5X	AISI 406	Agua Salada	Con el paso de las horas, la capa verde se torna gris	
28-Feb-06	6:10 - 6:30	7X	Silver Brass	Agua Salada	La muestra está cubierta de una superficie verde	

FIGURA 2.10 MATERIALES PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN

(28/FEB/06)

TABLA 21

HOJA DE CONTROL PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN (02-marzo-06)

FECHA	HORA	CODIGO	MATERIAL	SOLUCIÓN	OBSERVACIONES	FOTO
02-Mar-06	13h50	0X	Bronce-Al	Agua Salada	Se observa en ciertas partes de la superficie manchas marrón, y en el lado contrario manchas verdes	
02-Mar-06	13h50	1X	AISI 304	Agua Salada	Se incrementa la corrosión en la muestra	
02-Mar-06	13h50	2X	Hierro gris	Agua Salada	Se corroe rápidamente	
02-Mar-06	13h50	3X	Latón	Agua Salada	El proceso de corrosión es más notorio, de un lado de la muestra la cara presenta el detalle	
02-Mar-06	13h50	4X	AISI 306	Agua Salada	La muestra está cubierta de una superficie verde y en otras el color se torna gris	
02-Mar-06	13h50	5X	AISI 406	Agua Salada	Con el paso de las horas, la capa color plata se presenta de un color gris	
02-Mar-06	13h50	7X	Silver Brass	Agua Salada	La muestra está cubierta de una superficie de colores verde y gris en determinadas partes	

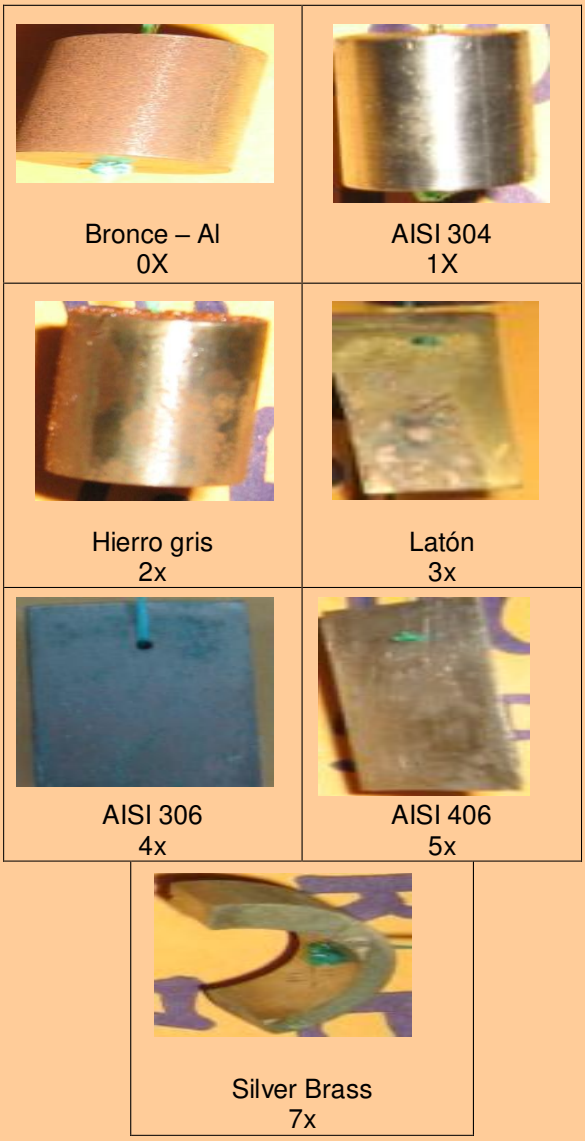


FIGURA 2.11 MATERIALES PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN

(02/MARZ/06)

TABLA 22

HOJA DE CONTROL PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN (04-marzo-06)

FECHA	HORA	CODIGO	MATERIAL	SOLUCIÓN	OBSERVACIONES	FOTO
04-Mar-06	13:08 - 14:30	0X	Bronce-Al	Agua Salada	En la superficie superior el color marrón pasa a ser verde (el material se encuentra pasivado)	
04-Mar-06	13:08 - 14:30	1X	AISI 304	Agua Salada	Avanza la corrosión en la superficie superior de la muestra	
04-Mar-06	13:08 - 14:30	2X	Hierro gris	Agua Salada	Luego de 114 horas de observación, concluimos que la muestra está en un 78% corroída	
04-Mar-06	13:08 - 14:30	3X	Latón	Agua Salada	No presenta cambios en referencia a la muestra anterior	
04-Mar-06	13:08 - 14:30	4X	AISI 306	Agua Salada	No presenta cambios en referencia a la muestra de marzo-02	
04-Mar-06	13:08 - 14:30	5X	AISI 406	Agua Salada	No presenta cambios en referencia a la muestra de marzo-02	
04-Mar-06	13:08 - 14:30	7X	Silver Brass	Agua Salada	La muestra está cubierta de una superficie de una sustancia verdosa	

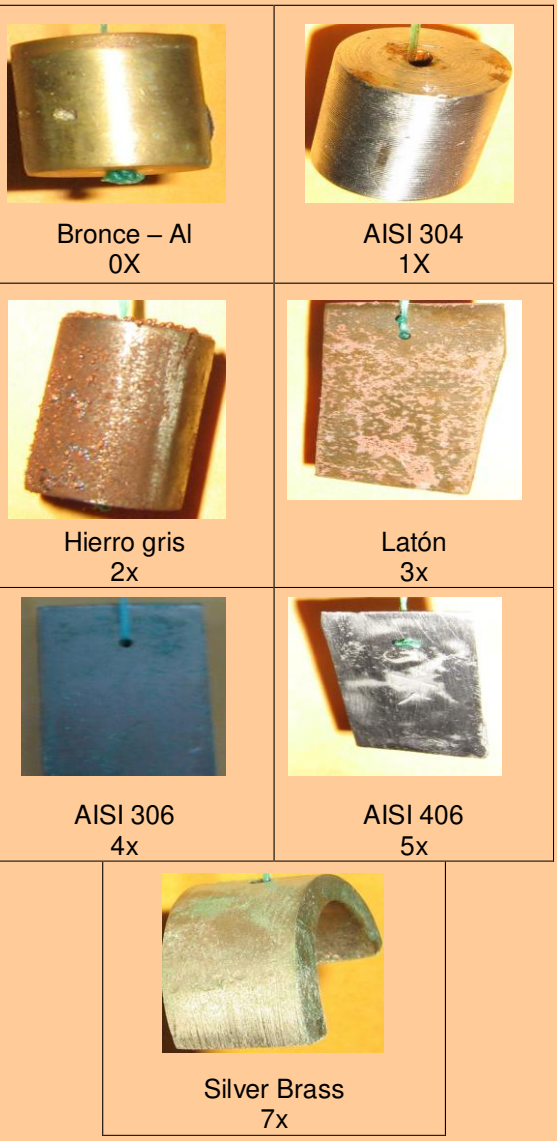


FIGURA 2.12 MATERIALES PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN

(04/MARZ/06)

3.2 Resultados obtenidos con el agua del estero salado

Las muestras ingresan el 07 Marzo 2006 8:00 a.m., Las muestras están identificada con el código A (figura 2.4).

Las muestras estarán expuesta a una solución que fue tomada del estero salado, obedeciendo las normas para este tipo de muestreo, durante un periodo de 200 horas consecutivas es decir que el proceso termino el 15 de Marzo del 2006 4:00 p.m. Durante la permanencia de las muestras en la cámara de niebla salina se lleva un control escrito de los cambios que están sufriendo las muestras.

TABLA 23

CRONOGRAMA DE INSPECCIÓN

fecha	observaciones
07-Mar-06	Ingresan muestras 8:00 a.m. A las 2:00 p.m. se realiza las primeras observaciones
08-Mar-06	se toma nota de los cambios y fotos
09-Mar-06	se toma nota de los cambios y fotos
10-Mar-06	se toma nota de los cambios y fotos
12-Mar-06	se toma nota de los cambios
14-Mar-06	se toma nota de los cambios y fotos
15-Mar-06	se toma nota de los cambios y fotos; finaliza proceso 4:00 p. M.

TABLA 24

HOJA DE CONTROL PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN (07-marzo-06)

FECHA	HORA	CODIGO	MATERIAL	SOLUCIÓN	OBSERVACIONES
07-Mar-06	2:00 - 2:30	0A	Bronce-Al	Estero Salado	Se observa presencia de una capa gris en la superficie de la muestra
07-Mar-06	2:00 - 2:30	1A	AISI 304	Estero Salado	No ha presentado cambio
07-Mar-06	2:00 - 2:30	2A	Hierro gris	Estero Salado	La muestra está siendo afectada (Presencia de corrosión alrededor de toda la muestra)
07-Mar-06	2:00 - 2:30	3A	Latón	Estero Salado	Presenta pequeños pigmentos de color marrón
07-Mar-06	2:00 - 2:30	4A	AISI 306	Estero Salado	No ha presentado cambio
07-Mar-06	2:00 - 2:30	5A	AISI 406	Estero Salado	No ha presentado cambio
07-Mar-06	10:15 - 12:00	7A	Silver Brass	Estero Salado	Se aprecia una pequeña cubierta color gris

TABLA 25

HOJA DE CONTROL PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN (08-marzo-06)

FECHA	HORA	CODIGO	MATERIAL	SOLUCIÓN	OBSERVACIONES	FOTO
08-Mar-06	11:05 - 15:30	0A	Bronce-Al	Estero Salado	Al inicio del segundo día, la muestra empieza a posicionarse y se observa una capa gris en la superficie	
08-Mar-06	11:05 - 15:30	1A	AISI 304	Estero Salado	No ha presentado cambio	
08-Mar-06	11:05 - 15:30	2A	Hierro gris	Estero Salado	Se empieza a acelerar la afectación de la muestra	
08-Mar-06	11:05 - 15:30	3A	Latón	Estero Salado	Se observan pequeñas manchas color marrón en el lateral de la placa	
08-Mar-06	11:05 - 15:30	4A	AISI 306	Estero Salado	No ha presentado cambio	
08-Mar-06	11:05 - 15:30	5A	AISI 406	Estero Salado	No ha presentado cambio	
08-Mar-06	11:05 - 15:30	7A	Silver Brass	Estero Salado	Se aprecia cubierta color gris en toda la muestra	

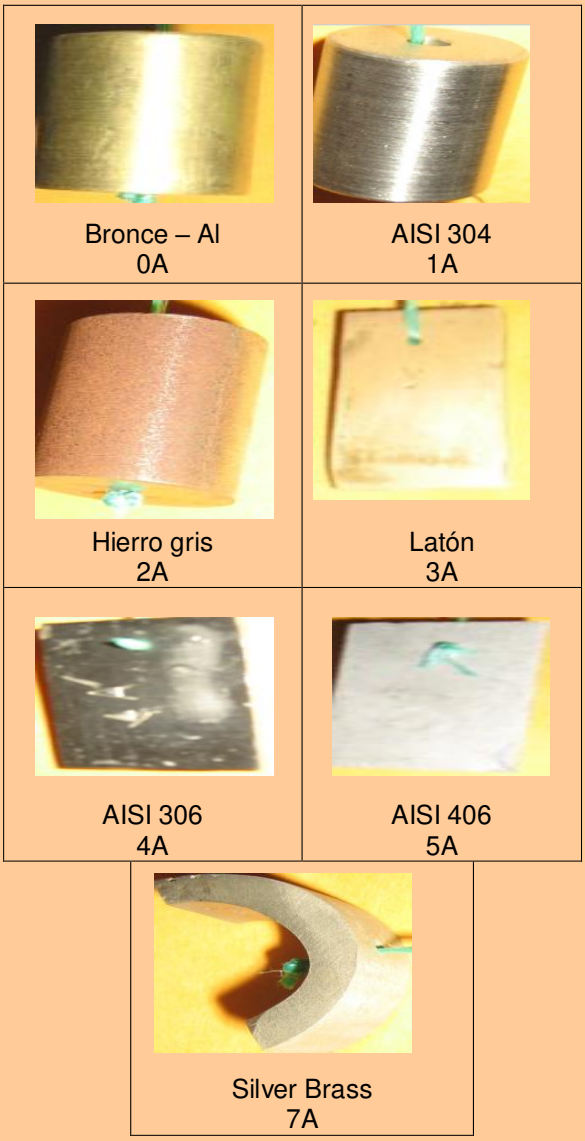


FIGURA 2.13 MATERIALES PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN

(08/MARZ/06)

TABLA 26

HOJA DE CONTROL PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN (09-marzo-06)

FECHA	HORA	CODIGO	MATERIAL	SOLUCIÓN	OBSERVACIONES	FOTO
09-Mar-06	11:05 - 12:05	0A	Bronce-Al	Estero Salado	No se presenta un cambio notable, en comparación con el día anterior (Marzo-08-2006)	
09-Mar-06	11:05 - 15:30	1A	AISI 304	Estero Salado	Se empieza afectar, pasada las 42 horas (3er día). Se distinguen pequeños puntos cafés en la superficie de la probeta	
09-Mar-06	11:05 - 15:30	2A	Hierro gris	Estero Salado	Corrosión muy alta	
09-Mar-06	11:05 - 15:30	3A	Latón	Estero Salado	Se observa un cambio de color en la superficie, respecto al día anterior (marzo-08-2006). Pasa de marrón pálido a rojo	
09-Mar-06	11:05 - 15:30	4A	AISI 306	Estero Salado	No ha presentado cambio	
09-Mar-06	11:05 - 15:30	5A	AISI 406	Estero Salado	No ha presentado cambio	
09-Mar-06	11:05 - 15:30	7A	Silver Brass	Estero Salado	No se presenta un cambio notable, en comparación con el día anterior (Marzo-08-2006)	

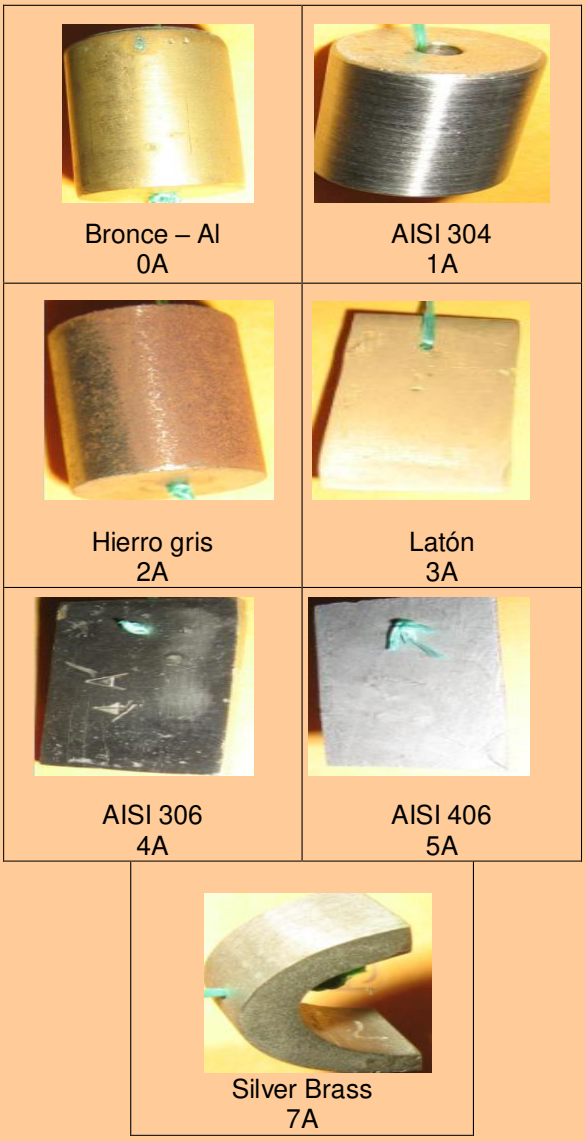


FIGURA 2.14 MATERIALES PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN

(09/MARZ/06

TABLA 27

HOJA DE CONTROL PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN (10-marzo-06)

FECHA	HORA	CODIGO	MATERIAL	SOLUCIÓN	OBSERVACIONES	FOTO
10-Mar-06	11:40 - 12:05	0A	Bronce-Al	Estero Salado	La superficie superior de la muestra, empieza hacer cubierta por una sustancia verde, anteriormente ésta era color gris	
10-Mar-06	11:40 - 12:05	1A	AISI 304	Estero Salado	No se observan cambios desde Marzo 9 -2006	
10-Mar-06	11:40 - 12:05	2A	Hierro gris	Estero Salado	Corrosión muy alta, pero no cubre en un 100% a la muestra. Se observan partes más afectadas	
10-Mar-06	11:40 - 12:05	3A	Latón	Estero Salado	El color rojizo que se presenta en el lateral de la muestra, continua avanzando y se presentan pequeñas manchas de color verde oscuro, casi negro	
10-Mar-06	11:40 - 12:05	4A	AISI 306	Estero Salado	No ha presentado cambio	
10-Mar-06	11:40 - 12:05	5A	AISI 406	Estero Salado	Transcurrida 92 horas del proceso, la muestra continúa intacta	
10-Mar-06	11:40 - 12:05	7A	Silver Brass	Estero Salado	La muestra está cubierta en un 80% de una sustancia color verde	

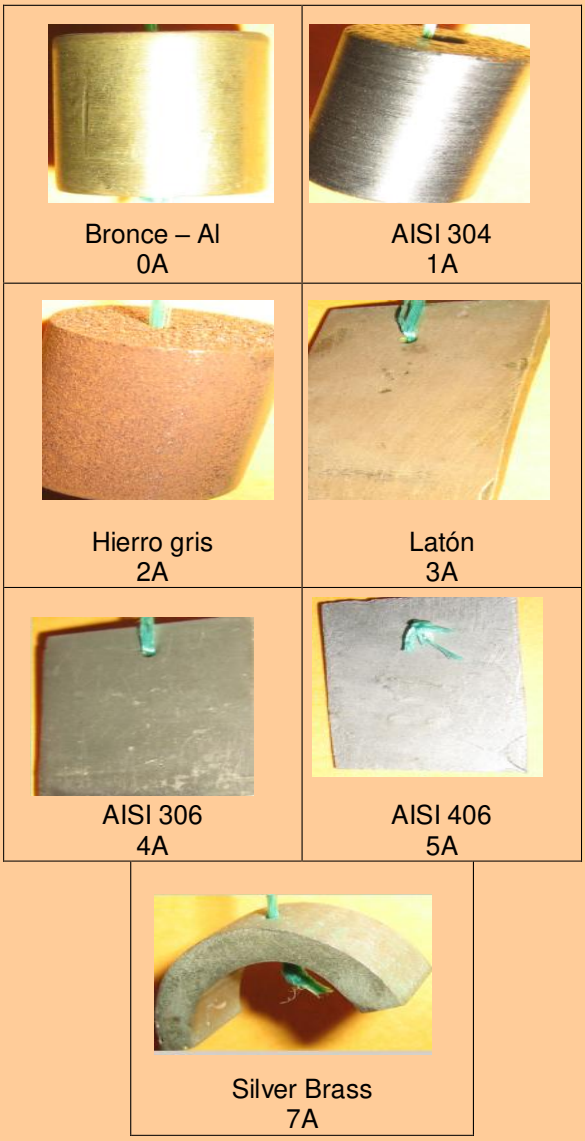


FIGURA 2.15 MATERIALES PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN

(10/MARZ/06)

TABLA 28

HOJA DE CONTROL PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN (12-marzo-06)

FECHA	HORA	CODIGO	MATERIAL	SOLUCIÓN	OBSERVACIONES
12-Mar-06	14:00 - 14:30	0A	Bronce-Al	Estero Salado	Superficie inadida de un oxido de color verde
12-Mar-06	14:00 - 14:30	1A	AISI 304	Estero Salado	Brillo del material de torna gris
12-Mar-06	14:00 - 14:30	2A	Hierro gris	Estero Salado	Total superficie cubierta por un oxido café
12-Mar-06	14:00 - 14:30	3A	Latón	Estero Salado	Superficie cubierta por un oxido de color verde
12-Mar-06	14:00 - 14:30	4A	AISI 306	Estero Salado	En un 50% de la superficie se torna de color verde
12-Mar-06	14:00 - 14:30	5A	AISI 406	Estero Salado	Metal pierde brillo sin presencia de oxido
12-Mar-06	14:00 - 14:30	7A	Silver Brass	Estero Salado	Metal cubierto por una capa de color verde

TABLA 29

HOJA DE CONTROL PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN (14-marzo-06)

FECHA	HORA	CODIGO	MATERIAL	SOLUCIÓN	OBSERVACIONES	FOTO
14-Mar-06	14:00 - 14:30	0A	Bronce-Al	Estero Salado	Superficie de color verde con ciertos pigmentos café	
14-Mar-06	14:00 - 14:30	1A	AISI 304	Estero Salado	Superficie e material de color gris con pigmentos	
14-Mar-06	14:00 - 14:30	2A	Hierro gris	Estero Salado	Superficie totalmente corroída la misma que tiene un aspecto poroso	
14-Mar-06	14:00 - 14:30	3A	Latón	Estero Salado	superficie cubierta por un oxido de color verde	
14-Mar-06	14:00 - 14:30	4A	AISI 306	Estero Salado	Se observa la presencia de un oxido de color gris	
14-Mar-06	14:00 - 14:30	5A	AISI 406	Estero Salado	Metal pierde brillo sin presencia de oxido	
14-Mar-06	14:00 - 14:30	7A	Silver Brass	Estero Salado	Metal cubierto por una capa de color verde	

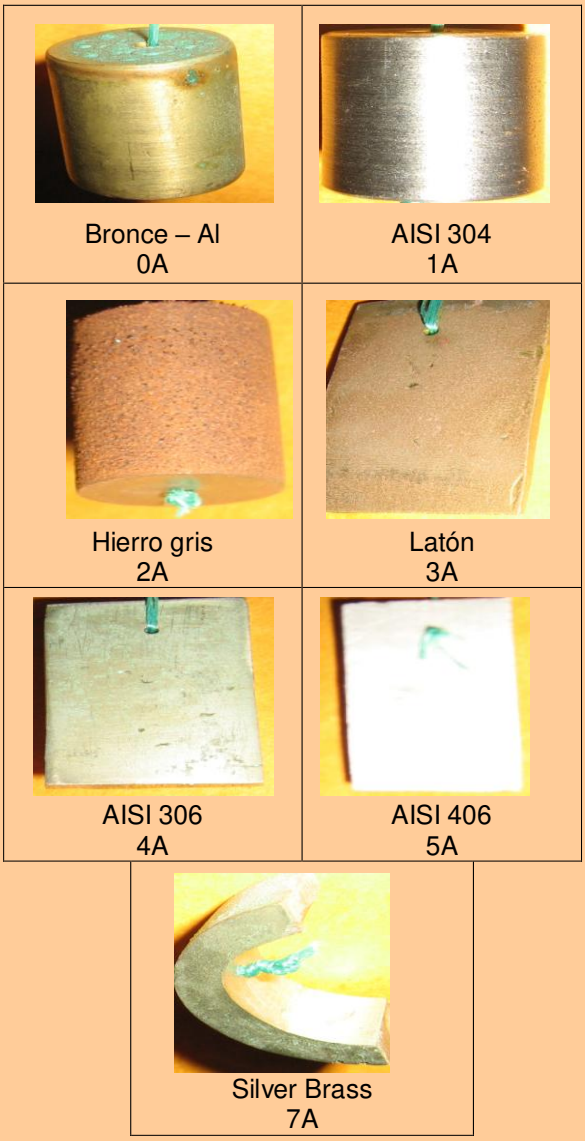


FIGURA 2.16 MATERIALES PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN

(14/MARZ/06)

TABLA 30

HOJA DE CONTROL PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN (15-marzo-06)

FECHA	HORA	CODIGO	MATERIAL	SOLUCIÓN	OBSERVACIONES	FOTO
15-Mar-06	14:00 - 14:30	0A	Bronce-Al	Estero Salado	Superficie de color verde con ciertos pigmentos café en aumento	
15-Mar-06	14:00 - 14:30	1A	AISI 304	Estero Salado	Superficie de material de color gris con pigmentos café en aumento	
15-Mar-06	14:00 - 14:30	2A	Hierro gris	Estero Salado	Superficie totalmente corroída la misma que tiene un aspecto poroso	
15-Mar-06	14:00 - 14:30	3A	Latón	Estero Salado	Superficie cubierta por un oxido de color verde	
15-Mar-06	14:00 - 14:30	4A	AISI 306	Estero Salado	Se observa la presencia de un oxido de color gris	
15-Mar-06	14:00 - 14:30	5A	AISI 406	Estero Salado	Metal pierde brillo sin presencia de oxido	
15-Mar-06	14:00 - 14:30	7A	Silver Brass	Estero Salado	Metal cubierto por una capa de color verde-blanco	

FIGURA 2.17 MATERIALES PARA PRUEBAS DE CORROSIÓN

(15/MARZ/06)

3.3 Análisis comparativo de resultados

TABLA 31

RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBA DE CORROSION CON AGUA DEL ESTERO SALADO

Muestra	Código	Peso antes (g)	Peso después (g)	Diferencia (g)	Observaciones
		(06/03/06)	(17/03/06)		
Bronce-Al	0A	37,5679	37,5118	0,0561	presencia cierta resistencia al medio salino ácido pero comparativamente con una vida útil inferior 2 veces en un ambiente salino normal
AISI 304	1A	30,2329	30,2221	0,0108	Corrosión anormal agresiva con una vida útil 3 veces inferior a lo que normalmente sería en un ambiente salino
Hierro gris	2A	25,6538	25,0763	0,5775	Niveles agresivos de corrosión, este tipo de metal por su alto contenido de carbono en su micro estructura mas la presencia de Ph ácido no lo hace acto por ningún motivo para este medio
Latón	3A	10,5948	10,5302	0,0646	Corrosión anormal agresiva con una vida útil 3 veces inferior a lo que normalmente sería en un ambiente salino
AISI 306	4A	20,6946	20,6631	0,0315	Presencia cierta resistencia al medio salino ácido pero comparativamente con una vida útil inferior 2 veces en un ambiente salino normal
AISI 406	5A	3,0367	3,0342	0,0025	Mientras mas agresivo el medio aumenta su resistencia mediante la formación de la capa pasiva
Silver Brass	7A	13,1557	13,1518	0,0039	Comportamiento similar al grupo de los elementos nobles de la tabla periódica. No presenta cambio alguno,

SOLUCION UTILIZADA: ESTERO SALADO
DURACION DE LA PRUEBA: 200 HORAS

TABLA 32

RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBA DE CORROSION CON SOLUCIÓN SALINA NORMALIZADA

Muestra	Código	Peso antes (g)	Peso después (g)	Diferencia (g)	Observaciones
		(23/02/06)	(07/03/06)		
Bronce-Al	0X	36,5602	36,5405	0,0197	Normales frente al medio salino
AISI 304	1X	27,6474	27,6441	0,0033	Normales frente al medio salino
Hierro gris	2X	27,3276	27,2141	0,1135	Normales frente al medio salino
Latón	3X	10,3912	10,3748	0,0164	Normales frente al medio salino
AISI 306	4X	20,5527	20,5423	0,0104	Normales frente al medio salino
AISI 406	5X	2,975	2,9739	0,0011	No presenta daño formando una capa gris de pasivado
Silver Brass	7X	14,0934	14,0914	0,0020	No presenta daño

SOLUCION UTILIZADA: AGUA SALADA
DURACION DE LA PRUEBA: 200 HORAS

Calculo de perdida de masa de las muestras por efecto de la corrosión

Una vez que se ha terminado el periodo de exposición de las muestras se realiza el cálculo de la perdida de masa por efecto de la corrosión, para lo cual se pesaron las muestras antes y después del periodo de prueba. Para obtener el resultado después de salida las muestras se realiza una limpieza de los productos o efectos de la

corrosión aplicando soluciones químicas, donde el tipo de solución que se use depende de la composición del material (apéndice 2I) .

Una vez realizada la limpieza de las muestras y obteniendo el resultados de las pesas procedemos al cálculos del mpy (apéndice 3).

Donde el mpy= % de perdida de masa=(K*W)/(A*T*D).

Para este calculo T y K serán constantes para todas las muestras.

T = 200 horas.
*K = 3.45 * 10^6*

TABLA 33

CÁLCULO DE PÉRDIDA DE MASA

Muestra	A cm^2	W (g)	D (g/cm3) (apendice 4)	mpy
Agua salada normalizada				
0x	15,253	0,0197	8,902	250
1x	13,072	0,0033	7,85	55,474
2x	13,742	0,1135	7,854	1814,02
3x	19,223	0,0164	8,4	175,199
4x	21,5398	0,0104	7,85	106,09896
5x	15,2874	0,0011	7,85	15,8117
7x	5,7664	0,002	8,8	0,67987
Agua salada del estero				
0A	15,781	0,0561	8,902	688,858
1A	14,005	0,0108	7,85	169,457
2A	13,512	0,5775	7,854	9387,0807
3A	21,523	0,0646	8,4	616,3672
4A	20,033	0,0315	7,85	345,5286
5A	15,104	0,0025	7,85	36,372
7A	5,7015	0,0039	8,8	1,3408

3.4 Selección del material apropiado para caso de estudio.

Culminado las 400 horas de trabajo neto experimentando con siete materiales industriales todos con alguna característica positiva que lo hace acreedor a resistente a la corrosión se procede al analiza de la bitácora de datos mas un control de peso es decir un comparativo de pesos antes de someterlo al proceso de corrosión acelerado vs a la salida previo a una limpieza de la superficie aplicando las recomendaciones de la norma ASTM B 117 (apéndice 1) y las sustancia química mediante el apéndice 2 .

TABLA 34

CALIFICACIÓN DE MATERIALES QUE PARTICIPARON EN LA PRUEBA

MUESTRA	CALIFICACIÓN
Bronce-Al	Regular
AISI 304	Regular
Hierro Gris	Malo
Latón	Malo
AISI 306	Regular
AISI 406	Excelente
Silver Brass	Excelente

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de haber ensayado los materiales en dos condiciones de niebla: estándar con solución salina y agua del estero salado se concluye que:

1. El agua del estero salado efectivamente posee más poder corrosivo que el agua estándar.
2. Que los materiales ordinarios sufren ataques corrosivos a un tiempo relativamente corto con relación al bronce Cu-30%Ni.
3. Otro material que también es resistente a las condiciones extremas del agua del estero salado es el SAE 406.

Se recomienda lo siguiente:

1. Para futuras adquisiciones de equipos o maquinarias que vayan a tener algún tipo de contacto con las aguas de este punto de la Armada

del Ecuador se considere dentro del diseño el tema del Ph ácido del estero salado.

BIBLIOGRAFIA

1. BABOIAN ROBERT, NACE Corrosion Engineer's Reference Book, third edition published, by NACE INTERNACIONAL 1440 south creek, Houston.

2. PERRY ROBERT, Manual del ingeniero químico, séptima edición, 4To volumen , editorial Mc Graw Hill.

3. CALERO, L. Y R. Casanova, Evaluación de algunos parámetros Fisicoquímicos y sustancias contaminantes en el Pacifico Colombiano. BOLETIN CIENTIFICO.

4. CORONEL, V. Y M. VALENCIA, Condiciones Geoquímicas del Estero El Muerto. INOCAR. INFORME TECNICO. 1976

5. INOCAR, Taller regional sobre evaluación del impacto ambiental producido por un desarrollo portuario. Informe técnico. División de Química.1988.

6. INOCAR, Algunas características químicas de las aguas del estero del muerto, Informe técnico, 1988.

7. MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA, Registro oficial de la ley de aguas, N° 204, 1989.

8. INOCAR, Estudio de la Calidad de las aguas del Estero del Muerto en base a la concentración del oxigeno disuelto, 1987.

APENDICE A

NORMA ASTM B 117

B 117

closed and the spray operating continuously except for the short daily interruptions necessary to inspect, rearrange, or remove test specimens; to check and replenish the solution in the reservoir; and to make necessary recordings as described in Section 8. Operations shall be so scheduled that these interruptions are held to a minimum.

10. Period of Test

10.1 The period of test shall be as designated by the specifications covering the material or product being tested or as mutually agreed upon by the purchaser and the seller.

NOTE 2—Recommended exposure periods are to be as agreed upon by the purchaser and seller, but exposure periods of multiples of 24 h are suggested.

11. Cleaning of Tested Specimens

11.1 Unless otherwise specified in the specifications covering the material or product being tested, specimens shall be treated as follows at the end of the test:

11.1.1 The specimens shall be carefully removed.

11.1.2 Specimens may be gently washed or dipped in clean running water not warmer than 38 C (100 F) to remove salt deposits from their surface, and then immediately dried. Drying shall be accomplished with a stream of clean, compressed air.

12. Evaluation of Results

12.1 A careful and immediate examination shall be made for the extent of corrosion of the dry test specimens or for other failure as required by the specifications covering the material or product being tested or by agreement between the purchaser and the seller.

13. Records and Reports

13.1 The following information shall be recorded, unless otherwise prescribed in the specifications covering the material or product being tested:

13.1.1 Type of salt and water used in preparing the salt solution,

13.1.2 All readings of temperature within the exposure zone of the chamber,

13.1.3 Daily records of data obtained from each fog-collecting device including the following:

13.1.3.1 Volume of salt solution collected in milliliters per hour per 80 cm^2,

13.1.3.2 Concentration or specific gravity at 35 C (95 F) of solution collected, and

13.1.3.3 pH of collected solution.

13.4 Type of specimen and its dimensions, or number or description of part,

13.5 Method of cleaning specimens before and after testing,

13.6 Method of supporting or suspending article in the salt spray chamber,

13.7 Description of protection used as required in 4.5,

13.8 Exposure period,

13.9 Interruptions in test, cause and length of time, and

13.10 Results of all inspections.

NOTE 13—If any of the atomized salt solution which has not contacted the test specimens is returned to the reservoir, it should be considered in the concentration or specific gravity of this solution also.

APPENDIXES

A1. CONSTRUCTION OF APPARATUS

A1.1 Cabinets

A1.1.1 Standard salt-spray cabinets are available from several suppliers, but certain pertinent accessories are required before they will function according to this method and provide consistent control for duplication of results.

A1.1.2 The salt spray cabinet consists of the basic chamber, an air-saturator tower, a salt solution reservoir, atomizing nozzles, specimen supports, provisions for heating the chamber, and suitable controls for maintaining the desired temperature.

A1.1.3 Accessories such as a suitable adjustable baffle or central fog tower, automatic level control for the salt reservoir, and automatic level control for the air-saturator tower are pertinent parts of the apparatus.

A1.1.4 The cabinet should be of sufficient size to test adequately the desired number of parts without overcrowding. Small cabinets have been found difficult to control and those of less than 0.43-m^3 (15-ft^3) capacity should be avoided.

and qualification programs.

A2.2 The test has been used to a considerable extent for the purpose of comparing different materials or finishes. It should be noted that there is seldom a direct relation between salt spray (fog) resistance and resistance to corrosion in other media, because the chemistry of the reactions, including the formation of films and their protective value, frequently varies greatly with the precise conditions encountered. Informed personnel are aware of the metallic composition of basic alloys, the possibility of wide variations in quality and thickness of plated items produced on the same racks at the same time, and the consequent need for a mathematical determination of the number of specimens required to constitute an adequate sample for test purposes. In this connection it is well to point out that Method B 117 is not applicable to the study or testing of decorative chromium plate (nickel-chromium or copper-nickel-chromium) on steel or on zinc-base die castings or of cadmium plate on steel. For this purpose Methods B 287 and B 368 are available, which are also considered by some to be superior for completion of chemically-treated aluminum (chromated, phosphated, or anodized), although final conclusions regarding the validity of test results related to service experience have not been reached. Method B 117 is considered to be most useful in estimating the relative behavior of closely related materials in marine atmospheres, since it simulates the basic conditions with some acceleration due to either wetness or temperature or both.

A2.3 When a test is used for research, it may prove advantageous to operate with a different solution composition or concentration or at a different temperature. In all cases, however, it is desirable to control the temperature and humidity in the manner specified, and to make certain that the composition of the settled fog and that of the solution in the reservoir are substantially the same. Where differences develop, it is necessary to control conditions so that the characteristics of the settled fog meet the specified requirements for the atmosphere.

A2.4 Material specifications should always be written in terms of the standard requirements of the appropriate salt-spray method, thereby making it possible to test a variety of materials from different sources in the same equipment.

TABLE A1 Operating Characteristics of Typical Spray Nozzle

Siphon Height, in.	Air Flow, liters/min				Solution Consumption, ml/h			
	Air Pressure, psi				Air Pressure, psi			
	5	10	15	20	5	10	15	20
4	19	26.5	31.5	36	2100	3540	4584	5256
8	19	26.5	31.5	36	636	2760	3720	4320
12	19	26.5	31.5	36	0	1380	3000	3720
16	19	26.6	31.5	36	0	780	2124	2904

Siphon Height, cm	Air Flow, dm³/min				Solution Consumption, cm³/h			
	Air Pressure, kN/m²				Air Pressure, kN/m²			
	34	69	103	138	34	69	103	138
10	19	26.5	31.5	36	2100	3540	4584	5256
20	19	26.5	31.5	36	636	2760	3720	4320
30	19	26.5	31.5	36	0	1380	3000	3720
40	19	26.6	31.5	36	0	780	2124	2904

TABLE A2 Temperature and Pressure Requirements for Operation of Test at 95 F

	Air Pressure, psi			
	12	14	16	18
Temperature, deg F	116	117	119	121
	Air Pressure, kN/m²			
	83	96	110	124
Temperature, deg C	46	47	48	49

Designation: B 117 – 73

American National Standard Z 18.1
American National Standards Institute
Endorsed by American Electroplaters' Society
Endorsed by Society of Automotive Engineers
Endorsed by American Society for Metals
Endorsed by Federation of Societies for Paint Technology
Standards No. 15 B 62

Standard Method of SALT SPRAY (FOG) TESTING[1]

This Standard is issued under the fixed designation B 117; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval.

This method has been approved by the Department of Defense to replace method 811.1 of Federal Test Method Standard No. 151b and for listing in DoD Index of Specifications and Standards. Future proposed revisions should be coordinated with the Federal Government through the Army Materials and Mechanics Research Center, Watertown, Mass. 02172.

1. Scope

1.1 This method sets forth the conditions required in salt spray (fog) testing for specification purposes. Suitable apparatus which may be used to obtain these conditions is described in Appendix A1. The method does not prescribe the type of test specimen or exposure periods to be used for a specific product, nor the interpretation to be given to the results. Comments on the use of the test is research will be found in Appendix A2.

NOTE 1—This method is applicable to salt spray (fog) testing of ferrous and non-ferrous metals, and is also used for testing organic and organic coatings, etc., especially where such tests are the basis of material or product specifications.

2. Apparatus

2.1 The apparatus required for salt spray (fog) testing consists of a fog chamber, a salt solution reservoir, a supply of suitably conditioned compressed air, one or more atomizing nozzles, specimen supports, provision for heating the chamber, and necessary means of control. The size and detailed construction of the apparatus are optional, provided the conditions obtained meet the requirements of this method.

2.2 Drops of solution which accumulate on the ceiling or cover of the chamber shall not be permitted to fall on the specimens being tested.

2.3 Drops of solution which fall from the specimens shall not be returned to the solution reservoir for respraying.

2.4 Material of construction shall be such that it will not affect the corrosiveness of the fog.

3. Test Specimens

3.1 The type and number of test specimens to be used, as well as the criteria for the evaluation of the test results, shall be defined in the specifications covering the material or product being tested or shall be mutually agreed upon by the purchaser and the seller.

4. Preparation of Test Specimens

4.1 Metallic and metallic-coated specimens shall be suitably cleaned. The cleaning method shall be optional depending on the nature of the surface and the contaminants, except that it shall not include the use of abrasives other than a paste of pure magnesium oxide nor of solvents which are corrosive or will deposit either corrosive or protective films. The use of a nitric acid solution for the chemical cleaning, or passivation, of stainless steel specimens is permissible when agreed upon by the purchaser and the seller. Care shall be taken that specimens are not recontaminated after cleaning by excessive or careless handling.

4.2 Specimens for evaluation of paints and other organic coatings shall be prepared in accordance with applicable specification(s) for the material(s) being tested, or as agreed upon by the purchaser and supplier. Otherwise, the test specimens shall consist of steel meeting the requirements of ASTM Methods D 609 for Preparation of Steel Panels for Testing

[1] This method is under the jurisdiction of ASTM Committee G-1 on Corrosion of Metals and is the direct responsibility of Subcommittee G01.05 on Laboratory Corrosion Tests.

Current edition approved March 30, 1973. Published May 1973. Originally published as B 117 – 39 T. Last previous edition B 117 – 64.

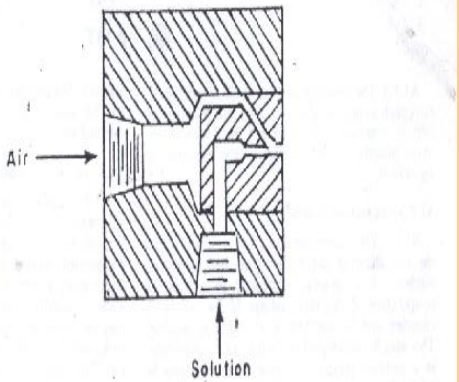


FIG. A3 Typical Spray Nozzle.

tandard no position is taken with respect to the validity of any patent rights in connection there-Society for Testing and Materials does not undertake to insure anyone utilizing the standard gement of any Letters Patent nor assume any such liability.

A1.1.5 The chamber may be made of inert materials such as plastic, glass, or stone, but most preferably is constructed of metal and lined with impervious plastics, rubber, or epoxy-type materials or equivalent.

A1.2 Temperature Control

A1.2.1 The maintenance of temperature within the salt chamber can be accomplished by several methods. It is generally desirable to control the temperature of the surroundings of the salt spray chamber and to maintain it as stable as possible. This may be accomplished by placing the apparatus in a constant-temperature room, but may also be achieved by surrounding the basic chamber of a jacket containing water or air at a controlled temperature.

A1.2.2 The use of immersion heaters in an internal salt-solution reservoir or of heaters within the chamber is detrimental where heat losses are appreciable, because of solution evaporation and radiant heat on the specimens.

A1.2.3 All piping which contacts the salt solution or spray should be of inert materials such as plastic. Vent piping should be of sufficient size so that a minimum of back pressure exists and should be installed so that no solution is trapped. The exposed end of the vent pipe should be shielded from extreme air currents that may cause fluctuation of pressure at vacuum in the cabinet.

A1.3 Spray Nozzles

A1.3.1 Satisfactory nozzles may be made of hard rubber, plastic, or other inert materials. The most commonly used type is made of plastic. Nozzles calibrated for air consumption and solution atomized are available. The operating characteristics of a typical nozzle are given in Table A1.

A1.3.2 It can readily be seen that air consumption is relatively stable at the pressures normally used, but a marked reduction in solution sprayed occurs if the level of the solution is allowed to drop appreciably during the test. Thus, the level of the solution in the salt reservoir must be maintained automatically to ensure uniform fog delivery during the test.[7]

A1.3.3 If the nozzle selected does not atomize the salt solution into uniform droplets, it will be necessary to direct the spray at a baffle or wall to pick up the larger drops and prevent them from impinging on the test specimens. Pending a complete understanding of air-pressure effects, etc., it is important that the nozzle selected shall produce the desired condition when operated at the air pressure selected. Nozzles are not necessarily located at one end, but may be placed in the center and can also be directed vertically up through a suitable inlet.

A1.4 Air for Atomization

A1.4.1 The air used for atomization must be free of grease, oil, and dirt before use by passing through well-maintained filters. Room air may be compressed, heated, humidified, and washed in a water-sealed rotary pump, if the temperature of the water is suitably controlled. Otherwise cleaned air may be introduced into the bottom of a tower filled with water, through a porous stone or multiple nozzles. The level of the water must be maintained automatically to ensure adequate humidification. A chamber operated according to this method and Appendix will have a relative humidity between 95 and 98 percent. Since salt solutions from 2 to 6 percent will give the same results (though for uniformity the limits are set at 4 ± 1 percent), it is preferable to saturate the air at temperatures well above the chamber temperature as insurance of a wet fog. Table A2 shows the temperatures at different pressures, that are required to offset the cooling effect of expansion to atmospheric pressure.

A1.4.2 Experience has shown that most uniform spray chamber atmospheres are obtained by increasing the atomizing air temperature sufficiently to offset heat losses, except those that can be replaced otherwise at very low-temperature gradients.

A1.5 Types of Construction

A1.5.1 A modern laboratory cabinet is shown in Fig. A1. Walk-in chambers are not usually constructed with a sloping ceiling due to their size and location. Suitably located and directed spray nozzles avoid ceiling accumulation and drip. Nozzles may be located at the ceiling, or 0.91 m (3.0) from the floor directed upward at 30 to 60 deg over a passageway. The number of nozzles depends on type and capacity and is related to the area of the test space. A 11 to 19-dm³ (3 to 5-gal) reservoir is required within the chamber, with the level controlled. The major features of a walk-in type cabinet, which differs significantly from the laboratory type, are illustrated in Fig. A2. Constructions of a plastic nozzle, such as is furnished by several suppliers, is shown in Fig. A3.

[7] A suitable device for maintaining the level of liquid in either the separate tower, or reservoir of test solution may be designed by a local engineering group, or may be purchased from manufacturers of test cabinets if necessary.

A2. Use of the Salt Spray (Fog) Test in Research

A2.1 The detailed requirements of this method are primarily for quality acceptance and should not be construed as the optimum conditions for research studies. The test has been used to a considerable extent for the purpose of comparing different materials or finishes with an acceptable standard. The recent elimination of many cabinet variables and the improvement in controls have made the three ASTM Salt Spray Tests, Method B 117, Method B 287, Acetic Acid-Salt Spray (Fog) Testing,[8] and Method B 368, (in Copper-Accelerated Acetic Acid Salt Spray [Fog] Testing [CASS],[8] into useful tools for many industrial and military production

[8] *Annual Book of ASTM Standards*, Part 7.

(2) Heating the salt solution to boiling and cooling to 95 F or maintaining it at 95 F for approximately 48 h before adjusting the pH produces a solution the pH of which does not materially change when atomized at 35 C (95 F).

(3) Heating the water from which the salt solution is prepared to 35 C (95 F) or above, to expel carbon dioxide, and adjusting the pH of the salt solution within the limits of 6.5 to 7.2 produces a solution the pH of which does not materially change when atomized at 35 C (95 F).

NOTE 5—The freshly prepared salt solution may be filtered or decanted before it is placed in the reservoir, or the end of the tube leading from the solution to the atomizer may be covered with a double layer of cheesecloth to prevent plugging of the nozzle.

NOTE 6—The pH can be adjusted by additions of dilute cp hydrochloric acid or cp sodium hydroxide solutions.

7. Air Supply

7.1 The compressed air supply to the nozzle or nozzles for atomizing the salt solution shall be free of oil and dirt (Note 7) and maintained between 69 and 172 kN/m² (10 and 25 psi) (Note 8).

NOTE 7—The air supply may be freed from oil and dirt by passing it through a water scrubber or at least 610 mm (2 ft) of suitable cleaning material such as asbestos, sheep's wool, excelsior, slag wool, or activated alumina.

NOTE 8—Atomizing nozzles may have a "critical pressure" at which an abnormal increase in the corrosiveness of the salt fog occurs. If the "critical pressure" of a nozzle has not been established with certainty, control of fluctuation in the air pressure within plus or minus 0.7 kN/m² (0.1 psi), by installation of a suitable pressure regulator valve[9] minimizes the possibility that the nozzle will be operated at its "critical pressure".[9]

8. Conditions in the Salt Spray Chamber

8.1 *Temperature*—The exposure zone of the salt spray chamber shall be maintained at: 35 + 1.1 − 1.7 C (95 + 2 − 3 F). The temperature within the exposure zone of the closed cabinet shall be recorded at least twice a day at least 7 h apart (except on Saturdays, Sundays, and holidays when the salt spray test is not interrupted for exposing, rearranging, or removing test specimens or to check and replenish the solution in the reservoir).

NOTE 9—A suitable method to record the temperature is by a continuous recording device or by a thermometer which can be read from outside the closed cabinet. The recorded temperature must be obtained with the salt spray chamber closed to avoid a false low reading because of wet-bulb effect when the chamber is open.

8.2 *Atomization and Quantity of Fog*—At least two clean fog collectors shall be so placed within the exposure zone that no drops of solution from the test specimens or any other source shall be collected. The collectors shall be placed in the proximity of the test specimens, one nearest to any nozzle and the other farthest from all nozzles. The fog shall be such that for each 80 cm² of horizontal collecting area there will be collected in each collector from 1.0 to 2.0 ml of solution per hour based on an average run of at least 16 h (Note 10). The sodium chloride concentration of the collected solution shall be 5 ± 1 weight percent (Note 11). The pH of the collected solution shall be 6.5 to 7.2. The pH measurement shall be made electrometrically or colorimetrically using bromethymol blue as the indicator.

NOTE 10—Suitable collecting devices are glass funnels with the stems inserted through stoppers into graduated cylinders, or crystallizing dishes. Funnels and dishes with a diameter of 10 cm have an area of about 80 cm².

NOTE 11—A solution having a specific gravity of 1.0255 to 1.0400 at 25 C (77 F) will meet the concentration requirement. The concentration may also be determined as follows: Dilute 5 ml of the collected solution to 100 ml with distilled water and mix thoroughly; pipet a 10-ml aliquot into an evaporating dish or casserole; add 40 ml of distilled water and 1 ml of 1 percent potassium chromate solution (chloride-free) and titrate with 0.1 *N* silver nitrate solution to the first appearance of a permanent red coloration. A solution that requires between 3.4 and 5.1 ml of 0.1 *N* silver nitrate solution will meet the concentration requirements.

8.3 The nozzle or nozzles shall be so directed or baffled that none of the spray can impinge directly on the test specimens.

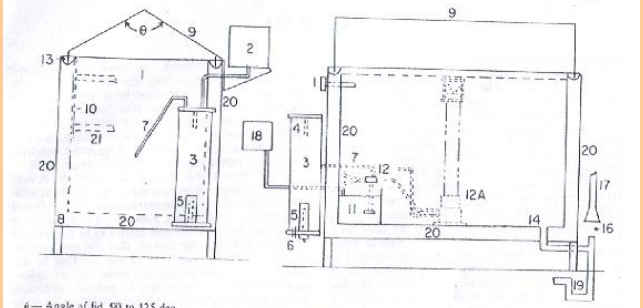
9. Continuity of Test

9.1 Unless otherwise specified in the specifications covering the material or product being tested, the test shall be continuous for the duration of the entire test period. Continuous operation implies that the chamber be

[9] Registered U. S. Patent Office.

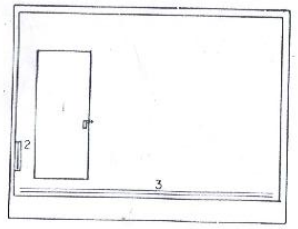
[9] The Nullmatic pressure regulator (or equivalent) manufactured by Moore Products Co., H and Lycoming Sts., Philadelphia, Pa. 19125, is suitable for this purpose.

[9] It has been observed that periodic fluctuations in air pressure of ±3.4 kN/m² (0.5 psi) resulted in about a two-fold increase in the corrosivity of the fog from a nozzle which was being operated at an average pressure of 110 kN/m² (15 psi). Controlling the fluctuations within ±0.7 kN/m² (0.1 psi), however, avoided any increase in the corrosivity of the salt fog. See Dorsey, V. M. and Cavanagh, W. R., "Apparatus and Factors in Salt Fog Testing," *Proceedings*, ASTEA, Am. Soc. Testing Mats., Vol. 48, 1948, p. 153.



θ — Angle of lid, 90 to 125 deg
1 — Thermometer and thermostat for controlling heater (Item No. 8) in base
2 — Automatic water levelling device
3 — Humidifying tower
4 — Automatic temperature regulator for controlling heater (Item No. 5)
5 — Immersion heater, non-rusting
6 — Air inlet, multiple openings
7 — Air tube to spray nozzle
8 — Strip heater in base
9 — Hinged top, hydraulically operated, or counterbalanced
10 — Brackets for rods supporting specimens, or test table
11 — Internal reservoir
12 — Spray nozzle above reservoir, suitably designed, located, and baffled
12A — Spray nozzle housed in dispersion tower located preferably in center of cabinet
13 — Water Seal
14 — Combination drain and exhaust. Exhaust at opposite side of test space from spray nozzle (Item 12), but preferably in combination with drain, waste trap, and forced draft waste pipe (Items 16, 17, and 19).
16 — Complete separation between forced draft waste pipe (Item 17) and combination drain and exhaust (Items 14 and 19) to avoid undesirable suction or back pressure.
17 — Forced draft waste pipe.
18 — Automatic levelling device for reservoir
19 — Waste trap
20 — Air space or water jacket
21 — Test table or rack, well below roof area

FIG. A1 Typical Salt Spray Cabinet.



NOTE — The controls are the same, in general as for the laboratory cabinet (Fig. A1), but are sized to care for the larger cube. The chamber has the following features:
(1) Heavy insulation,
(2) Refrigeration door with drip rail, or pressure door with drip rail, inward-sloping sill,
(3) Low-temperature auxiliary heater, and
(4) Duck boards on floor, with floor sloped to combination drain and air exhaust.

FIG. A2 Walk-in Chamber, 1.5 by 2.4 mm (5 by 8 ft) and Upward in Over-all Size.

APENDICE B

SUSTANCIAS QUÍMICAS PARA LIMPIEZA DE MUESTRAS.

CHEMICAL CLEANING PROCEDURES FOR REMOVAL OF CORROSION PRODUCTS

Material	Solution	Time	Temperature	Remarks
Aluminum and Aluminum Alloys	50 mL phosphoric acid (H_3PO_4, sp gr 1.69) 20 g chromium trioxide (CrO_3) Reagent water to make 1000 mL	5 to 10 min	90 °C to Boiling	If corrosion product films remain, rinse, then follow with nitric acid procedure (C.1.2).
	Nitric acid (HNO_3, sp gr 1.42)	1 to 5 min	20 to 25 °C	Remove extraneous deposits and bulky corrosion products to avoid reactions that may result in excessive removal of base metal.
Copper and Copper Alloys	500 mL hydrochloric acid (HCl, sp gr 1.19) Reagent water to make 1000 mL	1 to 3 min	20 to 25 °C	Deaeration of solution with purified nitrogen will minimize base metal removal.
	4.9 g sodium cyanide (NaCN) Reagent water to make 1000 mL	1 to 3 min	20 to 25 °C	Removes copper sulfide corrosion products that may not be removed by hydrochloric acid treatment.
	100 mL sulfuric acid (H_2SO_4, sp gr 1.84) Reagent water to make 1000 mL	1 to 3 min	20 to 25 °C	Remove bulky corrosion products before treatment to minimize copper redeposition on specimen surface.
	120 mL sulfuric acid (H_2SO_4, sp gr 1.84) 30 g sodium dichromate ($Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$) Reagent water to make 1000 mL	5 to 10 s	20 to 25 °C	Removes redeposited copper resulting from sulfuric acid treatment.
	54 mL sulfuric acid (H_2SO_4, sp gr 1.84) Reagent water to make 1000 mL	30 to 60 min	40 to 50 °C	Deaerate solution with nitrogen. Brushing of test specimens to remove corrosion products followed by re-immersion for 3 to 4 s is recommended.
Iron and Steel	1000 mL hydrochloric acid (HCl, sp gr 1.19) 20 g antimony trioxide (Sb_2O_3) 50 g stannous chloride ($SnCl_2$)	1 to 25 min	20 to 25 °C	Solution should be vigorously stirred or specimen should be brushed. Longer times may be required in certain instances.
	50 g sodium hydroxide (NaOH) 200 g granulated zinc or zinc chips Reagent water to make 1000 mL	30 to 40 min	80 to 90 °C	Caution should be exercised in the use of any zinc dust since spontaneous ignition upon exposure to air can occur.
	200 g sodium hydroxide (NaOH) 20 g granulated zinc or zinc chips Reagent water to make 1000 mL	30 to 40 min	80 to 90 °C	Caution should be exercised in the use of any zinc dust since spontaneous ignition upon exposure to air can occur.

(Continued)

Material	Solution	Time	Temperature	Remarks
Nickel and Nickel Alloys	150 mL hydrochloric acid (HCl, sp gr 1.19) Reagent water to make 1000 mL	1 to 3 min	20 to 25 C	...
	100 mL sulfuric acid (H_2SO_4, sp gr 1.84) Reagent water to make 1000 mL	1 to 3 min	20 to 25 C	...
Stainless Steels	100 mL nitric acid (HNO_3, sp gr 1.42) Reagent water to make 1000 mL	20 min	60 C	...
	150 g diammonium citrate ($(NH_4)_2HC_6H_5O_7$) Reagent water to make 1000 mL	10 to 60 min	70 C	...
	100 g citric acid ($C_6H_8O_7$) 50 mL sulfuric acid (H_2SO_4, sp gr 1.84) 2 g inhibitor (diorthotolyl thiourea or quinoline ethyliodide or betanaphthol quinoline) Reagent water to make 1000 mL	5 min	60 C	...
	200 g sodium hydroxide (NaOH) 30 g potassium permanganate ($KMnO_4$) Reagent water to make 1000 mL *followed by* 100 g diammonium citrate ($(NH_4)_2HC_6H_5O_7$) Reagent water to make 1000 mL	5 min	Boiling	...
	100 mL nitric acid (HNO_3, sp gr 1.42) 20 mL hydrofluoric acid (HF, sp gr 1.198–48%) Reagent water to make 1000 mL	5 to 20 min	20 to 25 C	...
	200 g sodium hydroxide (NaOH) 50 g zinc powder Reagent water to make 1000 mL	20 min	Boiling	Caution should be exercised in the use of any zinc dust since spontaneous ignition upon exposure to air can occur.

(Continued)

APENDICE C

PERDIDA DE MASA

CORROSION RATE CALCULATION FROM MASS LOSS

$$\text{Corrosion rate} = \frac{(K \times W)}{(A \times T \times D)}$$

where

K = a constant (see below),
T = time of exposure in hours to the nearest 0.01 h,
A = area in cm^2 to the nearest 0.01 cm^2,
W = mass loss in g, to nearest 1 mg (corrected for any loss during cleaning (see 9.4)), and
D = density in g/cm^3,

Many different units are used to express corrosion rates. Using the above units for T, A, W, and D, the corrosion rate can be calculated in a variety of units with the following appropriate value of K:

Corrosion Rate Units Desired	Constant (K) in Corrosion Rate Equation
mils per year (mpy)	3.45×10^6
inches per year (ipy)	3.45×10^3
inches per month (ipm)	2.87×10^2
millimetres per year (mm/y)	8.76×10^4
micrometres per year (μm/y)	8.76×10^7
picometres per second (pm/s)	2.78×10^6
grams per square metre per hour ($g/m^2 \cdot h$)	$1.00 \times 10^4 \times D^a$
milligrams per square decimetre per day (mdd)	$2.40 \times 10^6 \times D^a$
micrograms per square metre per second ($\mu g/m^2 \cdot s$)	$2.78 \times 10^6 \times D^a$

[a] Density is not needed to calculate the corrosion rate in these units. The density in the constant K cancels out the density in the corrosion rate equation.

Source: ASTM, G 1 (2000 Edition). Reprinted, with permission, copyright ASTM.

APÉNDICE D

DENSIDAD DE MATERIALES DE USO COMUN

DENSITIES OF COMMON ALLOYS

(K = ratio of carbon steel density to that of alloy)

UNS	Common Name	Density g/cm³	K	UNS	Common Name	Density g/cm³	K
A91100	Al 1100	2.72	2.89	N06007	G Alloy	8.34	0.94
A93003	Al 3003	2.74	2.87	N06022	C-22 Alloy	8.69	0.90
A95052	Al 5052	2.68	2.93	N06030	G-30 Alloy	8.22	0.96
A96061	Al 6061	2.70	2.91	N06455	C-4 Alloy	8.64	0.91
A97075	Al 7075	2.80	2.81	N06600	600 Alloy	8.47	0.93
C11000	ETP Copper	8.94	0.88	N06601	601 Alloy	8.11	0.97
C22000	Commercial Bronze	8.89	0.88	N06625	625 Alloy	8.44	0.93
C23000	Red Brass	8.75	0.90	N06985	G-3 Alloy	8.30	0.95
C26000	Cartridge Brass	8.53	0.92	N07001	Waspaloy	8.19	0.96
C27000	Yellow Brass	8.39	0.94	N07041	Rene 41	8.25	0.95
C28000	Muntz Metal	8.39	0.94	N07718	718 Alloy	8.19	0.96
C44300	Admiralty brass, As	8.52	0.92	N07750	X-750 Alloy	8.28	0.95
C46500	Naval Brass, As	8.41	0.93	N08020	20Cb-3	8.08	0.97
C51000	Phosphor Bronze A	8.86	0.89	N08024	20Mo-4	8.11	0.97
C52400	Phosphor Bronze D	8.78	0.90	N08026	20Mo-6	8.13	0.97
C61300	Aluminum Bronze, 7%	7.89	1.00	N08028	Sanicro 28	8.0	0.98
C61400	Aluminum Bronze D	7.78	1.01	N08366	AL-6X	8.0	0.98
C63000	Ni-Al Bronze	7.58	1.04	N08800	800 Alloy	7.94	0.99
C65500	High-Silicon Bronze	8.52	0.92	N08825	825 Alloy	8.14	0.97
C67500	Manganese Bronze A	8.36	0.94	N08904	904L Alloy	8.0	0.98
C68700	Aluminum Brass, As	8.33	0.94	N08925	25-6Mo	8.1	0.97
C70600	9-10 Copper-Nickel	8.94	0.88	N09925	925 Alloy	8.05	0.98
C71500	70-30 Copper-Nickel	8.94	0.88	N10003	N Alloy	8.79	0.89
C75200	Nickel Silver	8.73	0.90	N10004	W Alloy	9.03	0.87
C83600	Ounce Metal	8.80	0.89	N10276	C-276 Alloy	8.89	0.88
C86500	Manganese Bronze	8.3	0.95	N10665	B-2 Alloy	9.22	0.85
C90500	Gun Metal	8.72	0.90	R03600	Molybdenum	10.22	0.77
C92200	M Bronze	8.64	0.91	R04210	Niobium	8.57	0.92
C95700	Cast Mn-Ni-Al Bronze	7.53	1.04	R05200	Tantalum	16.60	0.47
C95800	Cast Ni-Al Bronze	7.64	1.03	R50250	Titanium, Gr 1	4.54	1.73
F10006	Gray Cast Iron	7.20	1.09	R50400	Titanium, Gr 2	4.54	1.73
F20000	Malleable Cast Iron	7.27	1.08	R53400	Titanium, Gr 12	4.52	1.74
F32800	Ductile Iron	7.1	1.11	R56400	Titanium, Gr 5	4.43	1.77
F41002	Ni-Resist Type 2	7.3	1.08	R60702	Zr 702	6.53	1.20
F43006	Ductile Ni-Resist, D5	7.68	1.02	S20100	201 SS	7.94	0.99
F47003	Duriron	7.0	1.12	S20200	202 SS	7.94	0.99
G10200	1020 Carbon Steel	7.86	1.00	S30400	304 SS	7.94	0.99
G41300	4130 Steel	7.86	1.00	S30403	304L SS	7.94	0.99
J91150	CA-15 Cast SS	7.61	1.03	S30900	309 SS	7.98	0.98
J91151	CA-15M Cast SS	7.61	1.03	S31000	310 SS	7.98	0.98
J91540	CA-6NM Cast SS	7.7	1.02	S31254	254 SMO	8.0	0.98
J92600	CF-8 Cast SS	7.75	1.01	S31500	3RE60	7.75	1.01
J92800	CF-3MN Cast SS	7.75	1.01	S31600	316 SS	7.98	0.98
J92900	CF-8M Cast SS	7.75	1.01	S31603	316L SS	7.98	0.98
J94204	HK-40 Cast SS	7.75	1.01	S31700	317 SS	7.98	0.98
J95150	CN-7M Cast SS	8.00	0.98	S32100	321 SS	7.94	0.99
K11597	1.25Cr-0.5Mo Steel	7.85	1.00	S32550	Ferralium 255	7.81	1.01
K81340	9Ni Steel	7.86	1.00	S32950	7 Mo Plus	7.75	1.01
L51120	Chemical Lead	11.3	0.70	S34700	347 SS	8.03	0.98
M11311	Mg AZ31B	1.77	4.44	S41000	410 SS	7.70	1.02
N02200	Nickel 200	8.89	0.88	S43000	430 SS	7.72	1.02
N04400	400 Alloy	8.80	0.89	S44600	446 SS	7.65	1.03
N05500	K-500 Alloy	8.44	0.93	S50100	5Cr-0.5Mo Steel	7.82	1.01
N06002	X Alloy	8.23	0.96	S50400	9Cr-1Mo Steel	7.67	1.02