

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



MAESTRÍA EN MECÁNICA
(COHORTE 2017)

TEMA:

“ANÁLISIS DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS APLICADO AL
ACERO DE ALTA RESISTENCIA Y BAJA ALEACIÓN (HSLA) ASTM A
1011 GR 50 Y SU INCIDENCIA EN LA TASA DE CORROSIÓN PARA
APLICACIONES EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA”

Trabajo de Titulación

Previa a la obtención del Grado Académico de Magister en Mecánica Mención
Diseño

Autor: Ing. Guilcaso Molina Cristian Orlando

Director: Ing. Francisco Agustín Peña Jordán. Mg.

Ambato- Ecuador

2020

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

El tribunal receptor del Trabajo de Titulación presidido por el Ing. Wilson Santiago Medina Robalino, Mg., e integrado por los señores: Ing. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa, Mg., Ing Henry Wilson Vaca Ortega, Mg., designados por la Unidad Académica de Titulación de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “ANÁLISIS DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS APLICADO AL ACERO DE ALTA RESISTENCIA Y BAJA ALEACIÓN (HSLA) ASTM A 1011 GR 50 Y SU INCIDENCIA EN LA TASA DE CORROSIÓN PARA APLICACIONES EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA” elaborado y presentado por el señor: Ing. Cristian Orlando Guilcaso Molina para optar por el Grado Académico de Magister en Mecánica Mención Diseño ; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



Ing. Wilson Santiago Medina Robalino, Mg.

Presidente del Tribunal



Ing. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa, Mg.

Miembro del Tribunal



Ing. Henry Wilson Vaca Ortega, Mg.

Miembro del Tribunal

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “ANÁLISIS DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS APLICADO AL ACERO DE ALTA RESISTENCIA Y BAJA ALEACIÓN (HSLA) ASTM A 1011 GR 50 Y SU INCIDENCIA EN LA TASA DE CORROSIÓN PARA APLICACIONES EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA”, le corresponde exclusivamente al: Ing. Cristian Orlando Guilcaso Molina, autor bajo la Dirección del Ing. Francisco Agustín Peña Jordán, Mg., Director del Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Cristian Orlando Guilcaso Molina

C.C.: 0503066706

AUTOR

Ing. Francisco Agustín Peña Jordán, Mg.

C.C.: 1803605540

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de esta, dentro de las regulaciones de la Universidad.



Ing. Cristian Orlando Guilcaso Molina.

C.C. 0503066706

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a Dios, a mi madre, a mi hermana y a mi sobrina.

A Dios porque con su sabiduría me guío para brindarme una nueva oportunidad después de una caída personal. Él supo cómo, cuándo y dónde brindarme un inicio y al finalizar el día a día pensar en que no fueron errores sino lecciones.

A mi madre Rosa Dolores Molina Barrera ya que me brindó su fortaleza incondicional, valor para poder afrontar este nuevo reto profesional y fue mi sustento económico cuando mis limitaciones llegaban a su fin. Sin duda Dios supo cuáles eran mis debilidades y por eso me concedió la oportunidad de ser su hijo.

A mi hermana Verónica Alexandra Guilcaso Molina que es una persona de gran importancia en mi vida, siendo mi amiga y brindándome su apoyo, que junto con sus consejos me guiaron por este camino.

A mi sobrinita Luciana quien con su llegada nos dio mucha felicidad y aunque fue un cambio de 360°, me llena cada día y me motiva a seguir esforzándome por un mejor futuro para mí y el de mi familia.

Estas tres personas a quienes dedico la investigación, son mi motivación diaria y mi motor para continuar luchando no solo por esta meta, sino por lograr el éxito personal que es el resultado de días de cansancio, esfuerzo y dedicación.

AGRADECIMIENTO

En los siguientes párrafos expreso mis sinceros agradecimientos a todas las personas e instituciones que me abrieron las puertas para poder desarrollar con éxito la presente investigación.

A la Universidad Técnica de Ambato por ser la gestora de este programa de maestría, siendo eficientes en calidad para la mejora continua de la sociedad.

Al Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua dirigido por el ingeniero Esteban López quien dio la apertura para poder desarrollar los ensayos necesarios y para el uso de los equipos.

A los Ingenieros Fernando Galarza y Fernando Tibán Analistas Técnicos de Ensayos e Inspecciones CFPMC, quienes aportaron con su conocimiento y experiencia para la puesta en marcha de los ensayos, colaborando por fuera de sus horarios de trabajo.

Al Ing. Francisco Peña Mg. tutor de la investigación que con su aporte y conocimientos guío de manera acertada cada uno de los capítulos desarrollados y se pudo dar soluciones a las muchas barreras que se presentaban durante la ejecución de la parte práctica y teórica de los ensayos.

Al Ing. Fredy Hidalgo quien me apoyó en todo lo relacionado con el tema de recubrimientos y supo guiar en mí ese amor a la profesión, siendo mi primer maestro dentro del campo laboral, me enseñó a querer ser más para servir mejor.

A los amigos que se formaron en este período académico: Willan, Esteban, Oscar, Diego y Carlos, con quienes a más de fortalecer nuestros conocimientos al intercambiar ideas de los temas estudiados en este período de maestría, hemos compartido gratos momentos que se quedarán plasmados en nuestras mentes, no me queda más que decirles amigos que les deseo el mayor de los éxitos donde se encuentren, que hagamos sentir y llevemos con orgullo el nombre de esta querida institución.

INDICE GENERAL DE CONTENIDO

PÁGINAS PRELIMINARES

Autoría de la investigación.....	III
Derechos de autor.....	IV
Dedicatoria	V
Agradecimiento.....	VI
Índice general de contenidos.....	VII
Índice de figuras.....	XIII
Índice de tablas.....	XVII
Resumen ejecutivo	XX
Executive summary.....	XXI
CAPÍTULO I	1
1.1.- Tema	1
1.2.- Planteamiento del problema.....	1
1.2.1.- Contextualización	1
1.2.2.- Análisis crítico	3
1.2.3.- Prognosis.....	4
1.2.4.- Formulación del problema.....	5
1.2.5.- Preguntas directrices	5
1.2.6.- Delimitación del problema.....	5
1.2.6.1.- Delimitación de contenidos	5
1.2.6.2.- Delimitación espacial.....	6
1.2.6.3.- Delimitación temporal	6
1.3.- Justificación	6
1.4.- Objetivos	8
1.4.1.- General.....	8
1.4.2.- Específicos	8
CAPÍTULO II	9
2.1.- Antecedentes investigativos.....	9
2.2.- Fundamentación teórica.....	11
2.2.1.- Aceros HSLA.....	11
2.2.2.- Corrosión	16
2.2.3.- Morfologías productos de corrosión	19
2.2.4.- Tipos de atmósferas	20

2.2.5.- Planificación y preparación de pruebas de corrosión	20
2.2.6.- Selección de medios corrosivos	21
2.2.7.- Evaluación del daño por corrosión	22
2.2.8.- Recubrimientos anticorrosivos	23
2.2.9.- Preparación de la superficie de acuerdo a la norma SSPC (steel structures painting council).....	23
2.2.10.- Selección adecuada del recubrimiento según la norma ISO 12944.....	30
2.2.11.- Cámara de aceleración de la corrosión.	41
2.2.12.- Evaluación de la corrosión por pérdida de masa	42
2.2.13.- Evaluación del grado de oxidación en superficies de acero pintadas	43
2.2.14.- Predicción del comportamiento a largo plazo.....	44
2.3.- Fundamentación filosófica.....	45
2.4.- Fundamentación legal	46
2.5.- Categorías fundamentales	47
2.6.- Hipótesis	48
2.7.- Señalamiento de variables	48
2.7.1.- Variable independiente	48
2.7.2.- Variable dependiente	48
2.7.3.- Término de relación	48
CAPÍTULO III	49
3.1.- Enfoque	49
3.2.- Modalidad básica de la investigación	49
3.2.1.- Modalidad documental	49
3.2.2.- Modalidad de campo.....	50
3.3.- Nivel o tipo de investigación	50
3.3.1.- Experimental.....	50
3.3.2.- Prospectivo.....	51
3.3.3.- Longitudinal.....	51
3.3.4.- Analítica.....	51
3.4.- Población y muestra.....	52
3.4.1.- Población	52
3.4.2.- Muestra	52
3.5.- Operacionalización de las variables.....	54
3.5.1.- Variable independiente	54
3.5.2.- Variable dependiente	54

3.6.- Recolección de la información	55
3.6.1.- Documental.....	55
3.6.2.- Observación	55
3.7.- Procesamiento y análisis.....	57
3.8.- Obtención de la materia prima.....	60
3.9.- Caracterización de los materiales	61
3.9.1.- Ensayo a Tracción del Acero ASTM HSLA 1011 Gr 50 y ASTM A -500	61
3.9.2.- Ensayo a Tracción del Acero ASTM A – 500.....	62
3.10.- Ensayo metalográfico	64
3.10.1.- Ensayo Metalográfico del Acero HSLA 1011 Gr: 50, ASTM A-500 y ASTM A-500 Galvanizado	64
3.11.- Clasificación de probetas	65
3.11.1.- Clasificación de las Muestras soldadas a filete y tope.....	70
3.12.- Preparación superficial de probetas	72
3.12.1.- Limpieza superficial 1.- SSPC SP – 3	72
3.12.2.- Limpieza superficial 1.- SSPC SP – 5	73
3.13.- Aplicación de recubrimientos	74
3.13.1.- Inspección de espesores de recubrimientos	76
3.13.2.- Prueba de pull off y adherencia de recubrimientos.....	83
3.14.- Registro de datos.....	84
3.15.- Procedimiento de ensayo para cámara de niebla salina	85
3.16.- Parámetros de materiales para ensayo de Cámara de niebla salina	88
3.16.1.- Volumen de solución y cantidad de soluto	89
3.17.- Puesta en marcha del ensayo de cámara de niebla salina	90
3.18.- Tabulación de los datos.....	94
3.18.1.- Cálculo de tasa de corrosión	94
3.18.2.- Valoración del grado de corrosión.....	94
3.18.3.- Valoración del grado de ampolladura de los recubrimientos	95
3.18.4.- Análisis de los resultados.....	95
CAPÍTULO IV	96
4.- Análisis e interpretación de resultados	96
4.1.- Recolección de datos	96
4.2.- Fichas de recolección de datos y cálculos de tasa de corrosión.....	99
4.3.- Análisis e interpretación de resultados de tasa de corrosión	135
4.3.1.- Evaluación de la Tasa de corrosión para placas planas	135

4.3.1.1.- Evaluación de Tasa de corrosión para placas planas en 200 horas de ensayo	135
4.3.1.2.- Evaluación de Tasa de corrosión para placas planas en 280 horas de ensayo	137
4.3.1.3.- Evaluación de Tasa de corrosión para placas planas en 380 horas de ensayo	138
4.3.1.4.- Evaluación de Tasa de corrosión para placas planas en 480 horas de ensayo	140
4.3.2.- Evaluación de la Tasa de corrosión para placas planas en función al tiempo	141
4.3.3.- Análisis estadístico de la Tasa de corrosión para placas planas	145
4.3.3.1.- Prueba de Normalidad de los datos de Tasa de corrosión	145
4.3.3.2.- Análisis de Varianza ANOVA de la tasa de corrosión	146
4.3.3.3.- Hipótesis Estadísticas para el análisis ANOVA	148
4.3.3.4.- Determinación de significancia mediante el Análisis teórico de Varianza ANOVA de la tasa de corrosión.....	151
4.3.3.5.- Verificación mediante uso de software.....	154
4.3.3.6.- Interpretación de Resultados.....	156
4.3.3.7.- Verificación del análisis mediante la gráfica de los residuos	159
4.3.3.8.- Validación o rechazo de la hipótesis general.....	160
4.3.3.9.- Optimización de los factores de Tasa de corrosión y análisis adicionales.	160
4.3.4.- Evaluación de la tasa de corrosión para placas soldadas	163
4.3.4.1.- Evaluación de Tasa de corrosión para placas soldadas en 280 horas ensayo	163
4.3.4.2.- Evaluación de Tasa de corrosión para placas soldadas en 480 horas ensayo	164
4.3.5.- Evaluación de la Tasa de corrosión para placas soldadas en función al tiempo	166
4.3.6.- Análisis estadístico de la Tasa de corrosión para placas planas	168
4.3.6.1.- Prueba de Normalidad de los datos de Tasa de corrosión	168
4.3.6.2.- Análisis de Varianza ANOVA de la tasa de corrosión para juntas soldadas	170
4.3.6.3.- Hipótesis Estadísticas para el análisis ANOVA	171
4.3.6.4.- Determinación de significancia mediante el Análisis teórico de Varianza ANOVA de la tasa de corrosión.....	174
4.3.6.5.- Verificación mediante uso de software.....	177

4.3.6.7.- Interpretación de Resultados.....	179
4.3.6.8.- Verificación del análisis mediante la gráfica de los residuos	182
4.3.6.9.- Optimización de los factores de Tasa de corrosión para placas soldadas	183
4.4.- Análisis cualitativo del grado de corrosión y grados de ampolladura de acuerdo a normas ASTM D – 610 y ASTM D – 714	185
4.4.1.- Ficha técnica del grado de corrosión y del grado de ampollamiento de las muestras ensayadas.	186
4.5.- Análisis de morfología superficial de la herrumbre.....	234
CAPÍTULO V	243
5.1.- Conclusiones y recomendaciones	243
5.1.1.- Conclusiones	243
5.1.2.- Recomendaciones:	245
CAPÍTULO VI	247
Propuesta.....	247
6.1.- Datos informativos.....	247
6.2.- Antecedentes de la propuesta.....	248
6.3.- Justificación	248
6.4.- Objetivos.....	249
6.4.1.- Objetivo general.....	249
6.4.2.- Objetivos específicos	249
6.5.- Análisis de factibilidad	249
6.6.- Fundamentación.....	250
6.6.1.- Redes neuronales	250
6.6.2.- Ventajas de las redes neuronales	250
6.6.3.- Las desventajas de las redes neurales son:.....	251
6.6.4.- Redes de capa simple.....	251
6.6.5.- Redes de retropropagación.....	252
6.6.6.- Entrenamiento de redes neuronales: mejorando el gradiente descendiente	252
6.7.- Metodología	253
6.7.1.- Red Neuronal HSLA 1011 Gr - 50	253
6.7.2.- Funcionalidad red neuronal “acero HSLA 1011 Gr-50”	255
6.7.3.- Red Neuronal Acero ASTM A-500	257
6.7.4.- Funcionalidad red neuronal “acero ASTM A - 500”	258

6.7.5.- Red Neuronal Acero ASTM A-500 Galvanizado.....	260
6.7.6.- Funcionalidad red neuronal “acero ASTM A – 500 Galvanizado”	261
6.8.- Administración.....	263
6.9.- Previsión de la evaluación	264
Referencias bibliográficas.....	265
Anexos.....	268

Índice de figuras

Fig. 2.1.- Morfologías típicas de distintos productos de corrosión del hierro.	19
Fig. 2.2.- Correlación de datos de pruebas de laboratorio con datos de prueba de campo o experiencia de servicio.	22
Fig. 2.3.- Cámara salina DYCOMETAL SSC	41
Fig. 2.4.- Categorías fundamentales	47
Fig. 3.1.- Diagrama de Proceso.....	52
Fig. 3.2.- Recolección de información documental	55
Fig. 3.3.- Dimensiones de probetas.....	56
Fig. 3.4.- Flujograma de procesamiento y análisis	59
Fig. 3.5.- Diagrama Limpieza Superficial SSPC SP - 3	72
Fig. 3.6.- Diagrama de aplicación de recubrimientos	76
Fig. 3.7.- Diagrama de aplicación de recubrimientos	83
Fig. 3.8.- Toma de datos físicos de probetas. (a).- Longitud de probeta; (b) peso de probeta.....	85
Fig. 3.9.- Diagrama de flujo para el procedimiento de ensayo de CNS	87
Fig. 4.1.- Comportamiento de la corrosión del Acero HSLA 1011 Gr – 50 vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados 200 horas	100
Fig. 4.2.- Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A - 500 vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados 200 horas.	102
Fig. 4.3.- Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A - 500 galvanizado vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados 200 horas....	104
Fig. 4.4.- Comportamiento de la corrosión del Acero HSLA 1011 Gr – 50 vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados para 280 horas.	106
Fig. 4.5.- Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A - 500 vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados para 280 horas.	108
Fig. 4.6.- Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A - 500 Galvanizado vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados 280 horas. ...	110
Fig. 4.7.- Comportamiento de la corrosión del Acero HSLA 1011 Gr – 50 vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados para 380 horas.	112
Fig. 4.8.- Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A - 500 vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados para 380 horas.	114
Fig. 4.9.- Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A - 500 Galvanizado vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados para 380 horas.	116
Fig. 4.10.- Comportamiento de la corrosión del Acero HSLA 1011 Gr – 50 vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados para 480 horas.	118

Fig. 4.11.- Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A - 500 vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados para 480 horas.	120
Fig. 4.12.- Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A - 500 Galvanizado vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados para 480 horas.	122
Fig. 4.13.- Comportamiento de la corrosión del Acero HSLA 1011 – Gr: 50 vs los diferentes sistemas de recubrimientos con juntas a filete y tope para 280 horas.	124
Fig. 4.14.- Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A -500 vs los diferentes sistemas de recubrimientos con juntas a filete y tope para 280 horas.	126
Fig. 4.15.- Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A -500 Galvanizado vs los diferentes sistemas de recubrimientos con juntas a filete y tope para 280 horas.	128
Fig. 4.16.- Comportamiento de la corrosión del Acero HSLA 1011 – Gr: 50 vs los diferentes sistemas de recubrimientos con juntas a filete y tope para 480 horas.	130
Fig. 4.17.- Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A -500 vs los diferentes sistemas de recubrimientos con juntas a filete y tope para 480 horas.	132
Fig. 4.18.- Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A -500 Galvanizado vs los diferentes sistemas de recubrimientos con juntas a filete y tope para 480 horas.	134
Fig. 4.19.- Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado vs los diferentes métodos de limpieza y recubrimiento 200 horas.	136
Fig. 4.20.- Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado sin ningún tipo de recubrimiento 200 horas.....	136
Fig. 4.21.- Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado vs los diferentes métodos de limpieza y recubrimiento 280 horas.	137
Fig. 4.22.- Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado sin ningún tipo de recubrimiento 280 horas.....	138
Fig. 4.23.- Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado vs los diferentes métodos de limpieza y recubrimiento (380 horas).	139
Fig. 4.24.- Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado sin ningún tipo de recubrimiento (380 horas).	139
Fig. 4.25.- Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado vs los diferentes métodos de limpieza y recubrimiento para 480 horas.	140
Fig. 4.26.- Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado sin ningún tipo de recubrimiento para 480 horas.....	141
Fig. 4.27.- Tasa de corrosión del Acero HSLA 1011 – Gr 50 en función al tiempo de ensayo.	142

Fig. 4.28.- Tasa de corrosión del Acero ASTM A – 500 en función al tiempo de ensayo.....	143
Fig. 4.29.- Tasa de corrosión del Acero ASTM A – 500 Galvanizado en función al tiempo de ensayo.....	144
Fig. 4.30.- Tasa de corrosión de los tres tipos de aceros en función al tiempo de ensayo.....	145
Fig. 4.31.- Grafica de Probabilidad de Normalidad de la Tasa de Corrosión.....	146
Fig. 4.32.- Diagrama de Pareto de efectos estandarizados	155
Fig. 4.33.- Factor principal B con respecto a tasa de corrosión.....	156
Fig. 4.34.- Factor principal C con respecto a tasa de corrosión.....	157
Fig. 4.35.- Factor de interacción B-C con respecto a tasa de corrosión.	158
Fig. 4.36.- Factor principal A con respecto a tasa de corrosión.....	158
Fig. 4.37.- Parámetros de residuos.....	159
Fig. 4.38.- Optimización de parámetros mínimos.....	160
Fig. 4.39.- Optimización de parámetros máximos.....	161
Fig. 4.40.- Optimización de parámetros máximos a 200 horas.	161
Fig. 4.41.- Valor máximo de tasa de corrosión para el acero HSLA 1011 Gr-50.	162
Fig. 4.42.- Valor máximo de tasa de corrosión para el acero HSLA 1011 Gr-50.	162
Fig. 4.43.- Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado vs los diferentes métodos de limpieza con juntas a filete y tope, para 280 horas.	163
Fig. 4.44.- Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado sin ningún tipo de recubrimiento con juntas a filete y tope, para 280 horas.	164
Fig. 4.45.- Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado vs los diferentes métodos de recubrimientos y tipo de junta filete y tope, para 480 horas.	165
Fig. 4.46.- Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado sin ningún tipo de recubrimiento con juntas a filete y tope, para 280 horas.	166
Fig. 4.47.- Tasa de corrosión del Acero HSLA 1011 – Gr 50 en función al tiempo de ensayo.....	166
Fig. 4.48.- Tasa de corrosión del Acero ASTM A - 500 en función al tiempo de ensayo.....	167
Fig. 4.49.- Tasa de corrosión del Acero ASTM A - 500 Galvanizado en función al tiempo de ensayo.....	168

Fig. 4.50.- Probabilidad de Normalidad de la Tasa de Corrosión.....	169
Fig. 4.51.- Diagrama de Pareto de efectos estandarizados.	178
Fig. 4.52.- Factor principal C con respecto a tasa de corrosión.....	179
Fig. 4.53.- Factor principal B con respecto a tasa de corrosión.....	180
Fig. 4.54.- Factor principal D con respecto a tasa de corrosión.....	181
Fig. 4.55.- Factor de interacción B-D con respecto a tasa de corrosión.	181
Fig. 4.56.- Factor de interacción A-C-D con respecto a tasa de corrosión.	182
Fig. 4.57.- Parámetros de residuos.....	183
Fig. 4.58.- Optimización de parámetros mínimos.....	184
Fig. 4.59.- Optimización de parámetros máximos.....	184
Fig. 4.60.- Análisis SEM: Estructura típica de Goetita Cristalina.	235
Fig. 4.61.- Análisis SEM: Estructura típica de Goetita Semi-cristalina + Lepidocrocita en finas láminas.....	235
Fig. 4.62.- Análisis SEM: Estructura típica de Lepidocrita en glóbulos cristalinos.	236
Fig. 4.63.- Análisis SEM: Estructura típica de Akaganeita cristales tubulares. .	236
Fig. 4.64.- Análisis SEM: Estructura típica de Goetita Semi-cristalina.	237
Fig. 4.65.- Análisis SEM: Estructura típica de Lepidocrocita en finas láminas.	237
Fig. 4.66.- Análisis SEM: Estructura típica de Goetita Semi-cristalina.	238
Fig. 4.67.- Análisis SEM: Estructura típica de Lepidocrocita en finas láminas.	238
Fig. 4.68.- Análisis SEM: Estructura típica de Goetita Semi-cristalina.	239
Fig. 4.69.- Análisis SEM: Estructura típica de Goetita Semi-cristalina.	239
Fig. 6.1.- Red neuronal artificial de capa simple	251
Fig. 6.2.- Red neuronal artificial de retropropagación.....	252
Fig. 6.3.- Red neuronal artificial de retro-propagación	253

Índice de tablas

Tabla 2.1.- Características mecánicas de materiales laminados en caliente y aplicaciones típicas para varios aceros planos de bajo carbón y aceros de alta resistencia y baja aleación HSLA.	11
Tabla 2.2.- Composición química de los aceros HSLA	13
Tabla 2.3.- Propiedades mecánicas de los aceros HSLA	14
Tabla 2.4.- Productos de corrosión encontrados en la capa de herrumbre.....	18
Tabla 2.5.- Rangos de actividad típicos de SO _x y cloruros medidos en diversas atmósferas	20
Tabla 2.6.- Categorías: Preparación de la superficie definidas por la SSPC	24
Tabla 2.7.- Categorías básicas de corrosividad atmosférica de acuerdo a la ISO 12944.....	30
Tabla 2.8.- Tiempos de duración de sistemas de recubrimientos.....	31
Tabla 2.9.- Para estructuras de acero en áreas cerradas - categoría de corrosividad c1/c2.....	31
Tabla 2.10.- Estructuras de acero en áreas abiertas – categoría de corrosividad c3	33
Tabla 2.11.- Para estructuras de acero en áreas abiertas – categoría de corrosividad c4.....	35
Tabla 2.12.- Para estructuras de acero en áreas abiertas – categoría de C5-I	37
Tabla 2.13.- Para estructuras acero áreas abiertas categoría C5 – M.....	38
Tabla 2.14.- Para estructuras en inmersión (agua o enterradas en el suelo)	39
Tabla 2.15.- Para estructuras de acero inmersas en agua potable	40
Tabla 2.16.- Para recubrimientos para tanques de combustible	40
Tabla 2.17.- Valores de constante K de corrosión	43
Tabla 2.18.- Escala y descripción del grado de oxidación	44
Tabla 3.1.- Tabla de matriz de variables	53
Tabla 3.2.- Reporte de especificaciones técnicas del acero HSLA 1011 GR-50 .	60
Tabla 3.3.- Resultados del ensayo a tracción del acero HSLA 1011 GR-50	62
Tabla 3.4.- Resultados del ensayo a tracción del acero ASTM A-500	62
Tabla 3.5.- Resultados de Metalografía de los aceros analizados.....	64
Tabla 3.6.- Ubicación de probetas para el tiempo de análisis a 200 horas.....	65
Tabla 3.7.- Ubicación de probetas para el tiempo de análisis a 280 horas.....	66
Tabla 3.8.- Ubicación de probetas para el tiempo de análisis de 380 horas.....	67
Tabla 3.9.- Ubicación de probetas para el tiempo de análisis a 480 horas.....	68
Tabla 3.10.- Tabla de matriz de variables	69

Tabla 3.11.- Combinación de interacción entre factores y niveles	69
Tabla 3.12.- Ubicación de probetas soldadas para el tiempo de análisis de 280 h.	70
Tabla 3.13.- Ubicación de probetas soldadas para el tiempo de análisis 480 h. .	71
Tabla 3.14.- Limpieza de superficie de probetas mediante SSPC SP-3.....	73
Tabla 3.15.- Determinación de perfil de anclaje de probetas sand blasteadas.	74
Tabla 3.16.- Determinación de espesores en las capas de recubrimientos aplicados al material base, para 200 horas.	77
Tabla 3.17.- Determinación de espesores en las capas de recubrimientos aplicados al material base, para 280 horas.	78
Tabla 3.18.- Determinación de espesores en las capas de recubrimientos aplicados al material base, para 380 horas.	79
Tabla 3.19.- Determinación de espesores en las capas de recubrimientos aplicados al material base, para 480 horas.	80
Tabla 3.20.- Determinación de espesores en las capas de recubrimientos aplicados al material base, para 280 horas, juntas soldadas.....	81
Tabla 3.21.- Determinación de espesores en las capas de recubrimientos aplicados al material base, para 480 horas, juntas soldadas.....	82
Tabla 3.22.- Resultados de ensayos de Pull Off.....	84
Tabla 3.23.- Equipos para toma de datos de la solución.....	88
Tabla 3.24.- Verificación de composición de materiales utilizados en el ensayo.	89
Tabla 3.25.- Puesta en marcha ensayo de Cámara de niebla salina (Pág. 1 de 3).	91
Tabla 3.26.- Puesta en marcha ensayo de Cámara de niebla salina (Pág. 2 de 3).	92
Tabla 3.27.- Puesta en marcha ensayo de Cámara de niebla salina (Pág. 3 de 3).	93
Tabla 4.1.- Nomenclatura utilizada para identificación de grupos de probetas ...	96
Tabla 4.2.- Nomenclatura utilizada para identificación de grupos de probetas sin recubrimiento	97
Tabla 4.3.- Nomenclatura utilizada para identificación de grupos de probetas soldadas	97
Tabla 4.4.- Nomenclatura utilizada para identificación de grupos de probetas sin recubrimiento con juntas soldadas	98
Tabla 4.5.- Determinación de efectos principales para cálculo de corrosión.....	147
Tabla 4.6.- Información de factores para análisis ANOVA.....	152
Tabla 4.7.- Determinación significancia factores mediante Análisis ANOVA .	153
Tabla 4.8.- Determinación de significancia de factores mediante Análisis ANOVA para la Tasa de Corrosión en software.	154
Tabla 4.9.- Determinación de efectos principales para cálculo de corrosión.....	170

Tabla 4.10.- Información de factores para análisis ANOVA	175
Tabla 4.11.- Determinación de significancia de factores mediante Análisis ANOVA para la Tasa de Corrosión	176
Tabla 4.12.- Determinación de significancia de factores mediante Análisis ANOVA para la Tasa de Corrosión en software.....	177
Tabla 4.13.- Probetas analizadas en SEM	234
Tabla 4.14.- Probetas analizadas en SEM espesores y perfil de anclaje	240
Tabla 4.15.- Probetas analizadas en SEM defectos corrosión y ampolladura....	242
Tabla 6.1.- Variables de entrada para el acero HSLA 1011 Gr-50	254
Tabla 6.2.- Estructura de una red neuronal	255
Tabla 6.3.- Datos de salida de red vs datos experimentales	256
Tabla 6.4.- Variables de entrada para el acero ASTM A – 500	257
Tabla 6.5.- Estructura de una red neuronal	258
Tabla 6.6.- Datos de salida de red vs datos experimentales	259
Tabla 6.7.- Variables de entrada para el acero ASTM A – 500 Galvanizado....	260
Tabla 6.8.- Estructura de una red neuronal	261
Tabla 6.9.- Datos de salida de red vs datos experimentales	262
Tabla 6.10.- Análisis económico del desarrollo de la investigación.....	263

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“ANÁLISIS DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS APLICADO AL ACERO DE ALTA RESISTENCIA Y BAJA ALEACIÓN (HSLA) ASTM A 1011 GR 50 Y SU INCIDENCIA EN LA TASA DE CORROSIÓN PARA APLICACIONES EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA”

Autor: Cristian Orlando Guilcaso Molina

Tutor: Ing. Francisco Agustín Peña Jordán, Mg.

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto de investigación inicia debido a que es fundamental estudiar la tasa de corrosión que se produce en el acero ASTM HSLA 1011 Gr-50, compararlo con el acero ASTM A-500 y ASTM A-500 Galvanizado. Las probetas se ensayan en la cámara de niebla salina, una vez que se han cumplido y aceptado los parámetros de limpieza superficial SSPC SP – 3 “limpieza manual mecánica” y SSPC SP – 5 “limpieza mediante chorro abrasivo” y los parámetros de aplicación de recubrimientos, Recubrimiento 1: Anticorrosivo Stop Mate Cromato de Zinc y Recubrimiento 2: Capa1: Hempadur Mastic 45881 y capa 2: Hempthane Topcoat 55210, acelerando el proceso de corrosión a diferentes tiempos de exposición y determinando la pérdida de masa por diferencia inicial y final, tabulando los resultados se obtuvo que: la máxima tasa de corrosión corresponde a la composición del acero ASTM A-500 con un sistema de limpieza SSPC SP-3 + un recubrimiento Anticorrosivo, alcanzando el valor de 0,2119 mm/año, mientras que la mínima tasa de corrosión se da en una probeta de material HSLA 1011 Gr – 50, cuya limpieza superficial se la realiza con el sistema SSPC SP-5 + un anticorrosivo teniendo un valor de 0,0014 mm/año.

Descriptores:

Acero HSLA, corrosión, limpieza superficial, recubrimientos, epóxico, poliuretano, perfil de anclaje, adherencia, herrumbre y redes neuronales.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND MECHANICS
MECHANICAL ENGINEERING CAREER

Author: Cristian Orlando Guilcaso Molina

Tutor: Ing. Francisco Agustín Peña Jordán, Mg.

EXECUTIVE SUMMARY

This Project begins because the objective goes beyond studying the corrosion rate that occurs in ASTM HSLA 1011 Gr-50 steel compare it with ASTM A-500 and ASTM A-500 Galvanized steel. The specimens was tested in the salt spray chamber for along 480 hours. Once the surface cleaning parameters SSPC SP - 3 “mechanical and manual cleaning” and SSPC SP - 5 “abrasive blast cleaning” and coating application parameters have been met and accepted, Coating 1: Anti-corrosive Stop Mate Zinc Chromate and Coating 2: Layer 1: Hempadur Mastic 45881 and Layer 2: Hemptane Topcoat 55210, accelerate the corrosion process in the salt spray chamber at different exposure times and determine the loss of mass by initial and final. Tabulating results was obtained that the maximum corrosion rate corresponds to the composition of ASTM A-500 steel with an SSPC SP-3 cleaning system + Anticorrosive coating, reaching the value of 0.2119 mm / year, while that the minimum corrosion rate is given in a HSLA 1011 Gr - 50 steel, with an SSPC SP-5 cleaning system + anticorrosive coating having an value of 0.0014 mm / year.

Keywords:

HSLA Steel, Corrosion, Surface cleaning, coatings, epoxi and poliurethane, anchor profile, adhesión, rust and neuronal systems.

CAPÍTULO I

1.1 Tema

“ANÁLISIS DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS APLICADO AL ACERO DE ALTA RESISTENCIA Y BAJA ALEACIÓN (HSLA) ASTM A 1011 GR 50 Y SU INCIDENCIA EN LA TASA DE CORROSIÓN PARA APLICACIONES EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA”

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Contextualización

La trascendencia económica que tiene la corrosión y la magnitud de las pérdidas que ésta origina, son motivos suficientes para dedicar una profunda atención al estudio de los problemas de corrosión. Pero existe además otra razón, aun cuando su trascendencia económica se revela a mediano o largo plazo, el conocimiento de la naturaleza de los mecanismos de corrosión o de las limitaciones del uso de un material en un ambiente nuevo agresivo (ya sea por la naturaleza del medio o de las condiciones de operación, presión, temperatura, pH, etc.) o en un medio ya conocido es limitado, de tal manera que se deba realizar un ensayo más profundo para generar un adecuado procedimiento y disminuir la corrosión evitando que esta se repita [2].

NACE International realizó un estudio sobre las "Medidas internacionales de prevención, aplicación y economía de la tecnología de corrosión (IMPACT)", en el que estima que el costo global de la corrosión es de 2,5 billones de dólares estadounidenses, equivalentes a aproximadamente el 3,4% del producto interno bruto mundial (PIB). El estudio global de dos años publicado en la conferencia CORROSION 2016 en Vancouver, B.C., examinó la economía de la corrosión y el papel del manejo de la corrosión para establecer las mejores prácticas en la industria. El estudio descubrió que la implementación de mejores prácticas de prevención de la corrosión podría generar ahorros globales de entre el 15 y el 35% del costo del daño, o entre \$ 375 y 875 mil millones (USD) [3].

En un artículo de la revista del Politécnico Colombiano menciona que uno de los principales fenómenos que se puede presentar en las tuberías de acero es la falla por corrosión bajo tensión debido a la dilatación de una tubería de acero, como ejemplo presenta que cuando a una tubería de acero inoxidable de un intercambiador de calor que opera a temperaturas entre 70 °C y 900 °C, presentará fallas en algunos de los compensadores por agrietamiento de los mismos. Para lo cual se realizaron ensayos de composición química, microscopía óptica y SEM y con base a los resultados obtenidos se concluyó que la falla por agrietamiento se debió al fenómeno de corrosión bajo tensión, que a su vez se produjo por la sensibilización del acero inoxidable, debido a la exposición a las altas temperaturas de trabajo y su fluctuación a otras más bajas. Como resultado del análisis para prevenir otra posible falla de este tipo, se recomienda el empleo de aceros inoxidables de menor contenido de Carbono y con estabilizadores de carburos como el Niobio o Titanio [4].

En la Ciudad de México se estudió del acero Estructural HSLA de la velocidad de pérdida de masa con respecto a los niveles de acidez de la lluvia en donde los resultados indican que este acero presenta comportamientos similares en las velocidades de pérdida de masa para valores de pH de 5 y 2 ya que este es un factor muy importante dentro del estudio, presentando bajas velocidades en las primeras 2 horas, posteriormente tienden a incrementar gradualmente hasta alcanzar su velocidad máxima en un tiempo de 8 y 12 horas en los valores de pH de 5 y 2, respectivamente. Finalmente, en un tiempo de 24 horas ambas velocidades disminuyen ligeramente tendiendo a estabilizarse [5].

En el Ecuador el principal problema que podemos observar es que la corrosión genera un alto impacto en la economía por su alto costo de mantenimiento, pero que el acero debido a sus propiedades mecánicas de alta tenacidad, alta ductilidad, alta maleabilidad, buena resistencia y reciclabilidad es hasta cierto punto irremplazable para el desarrollo de proyectos de infraestructura, por lo que se ve necesario investigar sobre nuevos recubrimientos superficiales o métodos de aplicación, de manera que se pueda controlar la corrosión sin afectar el material

base que como resultado ocasionará defectos catastróficos en las diferentes aplicaciones a las cuales se encuentran sometidos.

Un estudio desarrollado por la Escuela Politécnica Nacional analiza “La corrosión metálica en ambientes exteriores e interiores en la ciudad de Quito y Esmeraldas” en donde los resultados obtenidos muestran que los niveles de corrosión son más altos en la ciudad de Esmeraldas debido a la presencia de fuentes de contaminación atmosférica, así como la influencia marina (ambiente salino) [6].

Dentro de la Universidad Técnica de Ambato se tiene una tesis referencial en donde analiza varios de recubrimientos epóxicos [7] y como resultado arroja que la tasa de corrosión varía en el rango de $[0, 0.275]$ mm/año a un acero ASTM A – 36, que serán datos referenciales que guiarán la investigación actual para el acero HSLA ASTM A 1011 grado 50.

1.2.2 Análisis crítico

De acuerdo a la contextualización analizada se sabe que la corrosión es el principal efecto dañino de los aceros ASTM A - 36 y A – 500 dentro del ambiente que se tiene en el país, tomando en cuenta las altas velocidades de corrosión que estos sufren dando como resultado vida útiles cortas, afectando los recursos económicos por posteriores mantenimientos reconstructivos que se deberían realizar. Anteriormente no se ha desarrollado esta investigación debido a que no existía una variedad de materiales y las estructuras no se construían bajo normas que establecen parámetros tanto de limpieza superficial como de recubrimientos.

En la industria el sector automotriz es el que más utiliza nuevos materiales en el ensamblaje de sus componentes, como es el caso del acero HSLA teniendo como resultados mejoras significativas en lo que respecta a propiedades mecánicas y de corrosión ya que disminuye su tasa de corrosión con respecto al tiempo, es por esta razón que se quiere implementar en la construcción de estructuras dentro del sector industrial.

En el sector educativo es muy complicado poder desarrollar este tipo de investigaciones debido al elevado costo del ensayo, a la preparación de probetas, aplicación de recubrimientos y el propio ensayo de corrosión acelerada, ya que los equipos no se encuentran a disposición de los laboratorios de las universidades que generan investigación, lo que se debería tratar es de fomentar convenios con entes externos que proporcionen de estos equipos para las prácticas y poder obtener resultados y conclusiones valederas para ciertas aplicaciones prácticas. Adicional la corrosión no es un tema que se trate dentro del pensum de estudio a pesar de que sea un factor principal para daño de las estructuras como se ha revisado anteriormente.

En esta investigación se propone analizar el acero HSLA 1011 Gr-50 desde el contexto de caracterización del material, el tipo de limpieza superficial y el sistema de recubrimiento aplicado, todo con herramientas que se encuentran en el mercado local por lo que es viable y aplicable de acuerdo a la formación como ing. Mecánico y al pensum tomado del programa de la maestría. Generando datos y estimando tasas de corrosión para períodos futuros, de esta manera determinar cómo se da el avance en el proceso de corrosión, con ello poder garantizar una vida aceptable del material recubierto. El campo de estudio es la tasa de corrosión de los aceros HSLA – 1011 Gr 50 y ASTM A-500 en la ingeniería de materiales, debido a que es pertinente con la formación académica.

1.2.3. Prognosis

En el caso de no realizar esta investigación se continuará generando gastos económicos por efectos de mantenimientos de los recubrimientos superficiales y estructural a nivel industrial y no se podría conocer cuáles son los valores de tasas de corrosión que tiene el acero HSLA ASTM A 1011 GR 50 aplicado un método de recubrimiento superficial, verificando si cumplen con el requerimiento de gastos por efectos de corrosión de $5\mu\text{m/año}$ y comparar los valores que tiene con el acero ASTM A – 500 y con el acero ASTM A 500 - galvanizado, mediante un ensayo de corrosión acelerada.

Por lo mencionado anteriormente es importante dar una alternativa de solución al sector industrial de manera que a más de brindar un acabado superficial de excelente calidad,

se provea de un sistema que incremente el desempeño de los recubrimientos sobre los sustratos metálicos expuestos a la acción atmosférica ya que esta puede deteriorar las propiedades físicas y mecánicas y en ciertos casos incluso afectar la salud humana directa o indirectamente.

1.2.4 Formulación del problema

¿Efecto de la tasa de corrosión sobre el acero ASTM HSLA 1011 Gr-50 y la incidencia de los métodos de aplicación de recubrimientos superficiales como aporte para la industria metalmeccánica?

1.2.5 Preguntas directrices

De la matriz de consistencia (Anexo 1), se plantean las siguientes preguntas directrices para guiar a la solución del problema propuesto, las cuales son:

¿Una elevada tasa de corrosión será producida por una inadecuada limpieza superficial en el acero HSLA 1011 Gr-50?

¿Cuáles serán los productos de corrosión que se forman en la capa de herrumbre al exponerse las probetas a un ambiente corrosivo, debido a los inadecuados métodos de aplicación de recubrimientos superficiales en el acero HSLA 1011 Gr-50 al finalizar el ensayo de cámara de niebla salina?

¿Cuáles serán las Normas especializadas para la determinación de tasa de corrosión, de las probetas en acero HSLA 1011 Gr – 50, una vez aplicadas diferentes métodos de recubrimientos superficiales y al finalizar el ensayo de cámara de niebla salina?

¿Cuál será el análisis estadístico más adecuado para identificar máximas y mínimas tasas de corrosión del acero HSLA 1011 Gr-50, una vez realizado el ensayo de cámara de niebla salina a las probetas que han sido aplicadas diferentes métodos de recubrimientos superficiales?

1.2.6 Delimitación del problema

1.2.6.1 Delimitación de contenidos

El estudio a realizarse está enmarcado dentro del campo de la Ingeniería Mecánica especialmente dentro de la línea de investigación de la Maestría en Diseño en el área

de Materiales con los módulos de Materiales para Ingeniería, Diseño de Experimentos, Modelación de Sistemas Mecánicos y Fiabilidad de Sistemas Mecánicos.

La investigación se centra en los métodos de aplicación de los recubrimientos superficiales que está relacionado con el control de calidad, como entes de mitigación de las tasa de corrosión estudiada por la resistencia de materiales, de los aceros HSLA 1011 Gr – 50.

1.2.6.2 Delimitación espacial

La presente investigación tiene estudios bibliográficos y de campo los que se realizará en: Laboratorio del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, ubicado en el cantón Ambato, lugar donde cuentan con el equipo de la Cámara de Niebla Salina. La preparación de las probetas se realizará en las instalaciones de la empresa PROLINOX ubicada en la ciudad de Latacunga. Adicional se utilizará los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato para el análisis micro-estructural de probetas y Biblioteca para recolección de información física y digital.

1.2.6.3 Delimitación temporal

La realización del presente estudio sobre la tasa de corrosión en el acero HSLA ASTM A 1011 GR50, está previsto desarrollar en las fechas comprendidos entre el 31 de Agosto del 2018 al 30 de Octubre del 2019, de acuerdo al cronograma establecido.

1.3 Justificación

La corrosión es el problema más grande en el sector de la industria metal-mecánica nacional y mundial, debido a que es imposible eliminarla, pero sí desarrollar métodos de recubrimientos que mantengan aislado el metal base de manera que disminuyan el valor de la tasa de corrosión con respecto al tiempo y al ambiente donde se encuentren ubicada, manteniendo factores de seguridad altos de los aceros utilizados garantizando el funcionamiento de los mismos, alargando sus vidas útiles y por ende disminuyendo costos de mantenimiento. Por lo que este estudio generará valiosa información, que será la base para toma de decisiones con respecto al uso de materiales vs horas de operación.

La corrosión es el proceso por el cual los materiales se deterioran generando consecuencias de seguridad, preservación de materiales y económicas, de aquí la

necesidad de controlar la corrosión que garantice confort humano, larga vida útil de los materiales y ahorro económico de la industria. Es de vital importancia este estudio ya que con ello se observará la evolución de la corrosión en los especímenes mediante un ensayo de corrosión acelerada, aportando en su totalidad a la industria metalmeccánica que permitirá planificación de procesos de soldadura, elección de recubrimientos y procesos de mantenimiento que garantizarán una mayor vida útil de los materiales y con ello el prestigio de las empresas.

Adicional los datos que se obtendrán del comportamiento de la corrosión en el acero HSLA ASTM A 1011 GR 50, donde se ha aplicado diferentes tipos de recubrimientos superficiales, diferentes métodos de limpieza de la superficie y diferentes tiempos de exposición de las probetas dentro de la Cámara de Niebla Salina por medio del ensayo descrito en la norma ASTM B 117 Anexo 8, permitirán evaluar los sistemas de recubrimientos adecuados en función de la tasa de corrosión ASTM G1 y obtener mediante un análisis estadístico la mejor opción de recubrimiento de acuerdo a los factores principales ensayados, sin que afecten los altos estándares de calidad en el producto final.

Las técnicas e instrumentos señaladas en la operacionalización de las variables y en la matriz de consistencia ubicada como anexo 1, permiten analizar las variables de tasas de corrosión y recubrimientos superficiales de un modo particular, de modo que la investigación se centra en una metodología exploratoria y aplicada que a más de encontrar valores de tasas de corrosión, analiza micro estructuralmente la oxidación para determinar los óxidos y componentes que se forman en la capa de herrumbre, al mantenerse el acero a condiciones de un ambiente salino que se compara con una atmosfera severa al cual el acero puede exponerse. Al generar este ensayo se considerará una investigación experimental por la obtención de nuevos datos, adicional el análisis se realizará en un nuevo material considerado como objeto de estudio HSLA 1011 Gr-50, por tal motivo es viable y muy relevante la investigación propuesta.

Otro aspecto que justifica el desarrollo de la investigación es que se cuenta con el recurso científico, humano, económico y tecnológico para obtener los resultados que correlacionen los ensayos en la cámara de niebla salina con lo que sucede al encontrarse el elemento expuesto al medio ambiente. La información que se genere

en la investigación permitirá ser la base para futuros ensayos en donde se requieran parámetros de inicio de un nuevo diseño de experimentos.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Determinar las tasas de corrosión del acero de alta resistencia y baja aleación (HSLA) ASTM A 1011 grado 50 y la incidencia de los métodos de aplicación de recubrimientos, que servirán de aporte para la industria metalmecánica.

1.4.2 Específicos

- Encontrar cuál de las opciones de recubrimientos ensayados proporcionará una mínima tasa de corrosión, al aplicar un adecuado proceso limpieza superficial (SSPC SP 3 / SSPC SP 5) en el acero HSLA 1011 Gr – 50.
- Determinar los productos de corrosión que se forman en la capa de herrumbre superficial, al finalizar el ensayo de Cámara de niebla Salina, debido a inadecuados métodos de aplicación de recubrimientos superficiales en el acero HSLA 1011 Gr-50, mediante el análisis de microscopio electrónico de barrido SEM.
- Aplicar Normas ASTM / INEN para determinación de tasa de corrosión, una vez que las probetas han sido expuestas en base a los diferentes métodos de recubrimientos en el acero HSLA 1011 Gr- 50, al finalizar el ensayo de cámara de niebla salina.
- Analizar estadísticamente las tasas de corrosión del acero HSLA 1011 Gr-50 y compararlo con el acero ASTM A-500 y ASTM A-500 galvanizado, una vez realizado el ensayo de cámara de niebla salina.

CAPÍTULO II

2.1 Antecedentes investigativos

La revisión de la información relacionada con la corrosión se la realizó de un sinnúmero de trabajos que sirven como referencia:

En el estudio realizado por la Ing. Heidis Patricia Cano Cuadro en Madrid, determina que la herrumbre formada en un acero está constituida por oxihidróxidos como la lepidocrocita, geotita y akaganeita y óxidos tales como magnetita y/o maghemita y ferrihidrita. En el ensayo acelerado de “Cebelcor” realizado demostró la estabilización de la herrumbre al cabo de 20 – 30 días, las fases encontradas en los productos de corrosión, la estructura de la capa de herrumbre, así como la tendencia de la distribución de los elementos aleantes fueron muy similares a los obtenidas en los ensayos atmosféricos. Sin embargo, se puntualizó que en un menor tiempo de estabilización no implica una mayor capacidad protectora de la herrumbre. Así, en las atmósferas marinas se alcanzó relativamente pronto la estabilización de la capa de herrumbre, debido a la mayor corrosividad de la atmósfera, y sin embargo su valor protector es inferior al de las herrumbres formadas en atmósferas menos corrosivas, donde los tiempos de estabilización son más altos [8].

Tomando como referencia el estudio de D. de la Fuente, B. Chico, M Morcillo; sobre “Simulación en laboratorio mediante ensayos de corrosión acelerada de la presencia y contenido en sales solubles en los productos de corrosión atmosférica del acero” en donde se realizó una aproximación a lo que sucede en la atmósfera. Los resultados obtenidos muestran que, eligiendo como variable el tiempo de exposición en la cámara de niebla salina, en el caso de los cloruros, y el volumen de SO₂ introducido en la cámara KESTERNICH, en el caso de los sulfatos, ha sido posible contaminar substratos de acero con unos contenidos preestablecidos en dichas sales, similares a los obtenidos de forma natural tras un período de

exposición de tres meses en tres atmósferas de distinta agresividad: Cabo Vilano (marina), Avilés (industrial) y Madrid (urbana) [9].

Por lo tanto para las probetas expuestas al medio ambiente en un período de tiempo de tres meses se tiene que los niveles obtenidos de cloruros son: Atmósfera marina con un contenido total de $3,5 - 4 \mu\text{g Cl}^-/\text{cm}^2$, y con un contenido residual tras el chorreado fue de $3 - 3,5 \mu\text{g Cl}^-/\text{cm}^2$. Mientras que para una atmósfera no marina un contenido total de $330 \mu\text{g Cl}^-/\text{cm}^2$, y con un contenido residual tras el chorreado de $30 - 40 \mu\text{g Cl}^-/\text{cm}^2$ [10].

Los ensayos de probetas expuestas a la cámara de niebla salina a diferentes períodos de tiempos obtuvieron los siguientes niveles de cloruros: Atmósfera Marina con un período de exposición de 30 horas el contenido total de $14,7 \mu\text{g Cl}^-/\text{cm}^2$, y con un contenido residual tras el chorreado de $5 \mu\text{g Cl}^-/\text{cm}^2$. Mientras que para una atmósfera no marina con un tiempo de exposición de 10 min el contenido total fue de $453 \mu\text{g Cl}^-/\text{cm}^2$, y con un contenido residual tras el chorreado de $20,7 \mu\text{g Cl}^-/\text{cm}^2$ [10].

También se encontraron datos de los estudios realizados por la Dra. Juana Eloína Mancilla Tolama sobre “Mediciones de la velocidad de corrosión en los aceros inoxidables austeníticos AISI 304 y el AISI 316L, sumergidos en medios oxidantes clorurados de 1,5 y 3% de NaCl con la técnica de ruido electroquímico” arrojando los resultados siguientes: Para la solución de NaCl 1,5% el acero inoxidable AISI – 304 tiene una velocidad de corrosión de 0,9603 mm/año, mientras que el acero inoxidable AISI – 316L tiene una velocidad de corrosión de 0,831 mm/año y para una solución de NaCl 3,0 % el acero inoxidable AISI – 304 tiene una velocidad de corrosión de 1,8759 mm/año, mientras que el acero inoxidable AISI – 316L tiene una velocidad de corrosión de 1,715 mm/año. Concluyendo que los aceros austeníticos AISI 304 mostraron poca resistencia las picaduras en medios que contengan iones de cloruros, siendo mayor la velocidad de corrosión en los aceros inoxidables austeníticos AISI – 304 que en los 316L [10].

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Aceros HSLA

Los aceros HSLA pertenecen al grupo de las aleaciones de bajo contenido de carbono. Estos aceros contienen otros elementos de aleación como el cobre, vanadio, níquel y molibdeno en concentraciones combinadas tan altas como 10% en peso y poseen esfuerzos mayores que de los aceros simples de bajo contenido de carbono, algunas de las propiedades mecánicas las encontramos en la Tabla 2,1. La mayoría puede ser reforzada por un tratamiento térmico, dando resistencias a la tensión superiores a 480 MPa, además son dúctiles, maleables y mecanizables. En atmósferas normales, los aceros HSLA son más resistentes a la corrosión que los aceros de carbono y han reemplazado en muchas aplicaciones donde la resistencia estructural es crítica [11].

Tabla 2.1.- Características mecánicas de materiales laminados en caliente y aplicaciones típicas para varios aceros planos de bajo carbón y aceros de alta resistencia y baja aleación HSLA [11].

AISI/SAE or ASTM Number	Tensil Strength [MPa (ksi)]	Yield Strength [MPa (ksi)]	Ductility [% EL in 50 mm (2 in)]	Typical Applications
Plain Low - Carbon Steel				
1010	325 (47)	180 (26)	28	Automobile panels and wire Pipe
1020	380 (55)	210 (30)	25	Structural and sheet Steel
A 36	400 (58)	220 (32)	23	Low temperatura
A 516 Gr 70	485 (70)	260 (38)	21	Pressure vessels
High – Strength, Low Alloy Steels				
A 440	435 (63)	290 (42)	21	Structures that are bolted or riveted
A 633 Grade E	520 (75)	380 (55)	23	Structures
A 656 Grade 1	655 (95)	552 (80)	15	Low ambient temperatura

Fuente: [11].

Los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA) constituyen una categoría importante de los aceros, se estima que la producción mundial de este tipo de acero es de alrededor del 11%. Se utilizan en todos los sectores industriales, en muchas partes del mundo, y su desarrollo ha jugado un papel importante en la expansión de industrias como la de petróleo, gas, construcción y transporte [12].

Los aceros HSLA son una micro-aleación que contiene pequeñas cantidades de vanadio, niobio o titanio. Los elementos individuales en general oscilan en menos de 0.10% y el total de elementos micro-aleantes generalmente se encuentra en menos de 0,15%. El requisito era la alta resistencia en comparación con el acero al carbono templado, combinada con la buena tenacidad y buena soldabilidad [12].

El acero HSLA normalmente contiene 0,07 a 0,12% de carbono, hasta 2% de manganeso y pequeñas adiciones de niobio, vanadio y titanio (por lo general máx. 0,1%) en varias combinaciones. El material es preferentemente obtenido por un proceso de laminación termo-mecánica, lo que maximiza el refinamiento del grano, como base para mejorar las propiedades mecánicas. La función principal de estos micro-aleantes es contribuir al endurecimiento de la ferrita, por medio del afino de grano, endurecimiento por precipitación y endurecimiento por formación de solución sólida. La adición de 0,1-0,2% de molibdeno produce una estructura de grano fino de la ferrita acicular y mejora sustancialmente los efectos de endurecimiento por precipitación alcanzado con los otros elementos de aleación. El rango de composición química de acuerdo a la norma ASTM A 1011 para los aceros HSLA, se presenta en la Tabla 2.2 [12].

Tabla 2.2.- Composición química de los aceros HSLA (%)

% Heat Analysis, Element Maximum unless otherwise shown														
Designation	C	Mn	P	S	Al	Si	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Cb	N	
SS:														
Grade [205]	30	0,25	0,90	0,035	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,008	0,008	...
Grade [230]	33	0,25	0,90	0,035	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,008	0,008	...
Grade [250] Tp 1	36	0,25	0,90	0,035	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,008	0,008	...
Grade [250] Tp 2	36	0,25	1,35	0,035	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,008	0,008	...
Grade [275]	40	0,25	0,90	0,035	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,008	0,008	...
Grade [310]	45	0,25	1,35	0,035	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,008	0,008	...
Grade [340]	50	0,25	1,35	0,035	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,008	0,008	...
Grade [380]	55	0,25	1,35	0,035	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,008	0,008	...
HSLAS														
Grade [310] Class 1	45	0,22	1,35	0,04	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,01	0,005 min	...
Grade [310] Class 2	45	0,15	1,35	0,04	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,01	0,005 min	...
Grade [340] Class 1	50	0,23	1,35	0,04	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,01	0,005 min	...
Grade [340] Class 2	50	0,15	1,35	0,04	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,01	0,005 min	...
Grade [380] Class 1	55	0,25	1,35	0,04	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,01	0,005 min	...
Grade [380] Class 2	55	0,15	1,35	0,04	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,01	0,005 min	...
Grade [410] Class 1	60	0,26	1,50	0,04	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,01	0,005 min	...
Grade [410] Class 2	60	0,15	1,50	0,04	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,01	0,005 min	...
Grade [450] Class 1	65	0,26	1,50	0,04	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,01	0,005 min	...
Grade [450] Class 2	65	0,15	1,50	0,04	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,01	0,005 min	...
Grade [480] Class 1	70	0,26	1,65	0,04	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,01	0,005 min	...
Grade [480] Class 2	70	0,15	1,65	0,04	0,04	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	0,01	0,005 min	...
HSLAS - F														
Grade [340], [410], [480] and [550]	50, 60, 70 and 80	0,15	1,65	0,02	0,025	...	...	0,20	0,20	0,15	0,06	...	...	...

Fuente: [13].

Los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA), o aceros micro-aleados, están diseñados para proporcionar mejores propiedades mecánicas y/o una mayor resistencia a la corrosión atmosférica que los aceros al carbono convencionales, datos que se muestran en la Tabla 2.3. No se consideran aceros de aleación en el sentido normal, ya que están diseñados para cumplir con determinadas propiedades mecánicas en lugar de una composición química [12].

Tabla 2.3.- Propiedades mecánicas de los aceros HSLA (%)

For Hot Rolled Steel Sheet and Strip Designations SS, HSLAS and HSLAS-F

DESIGNATION	Yield Strength	Tensile Strength	Elongation in 2 in. [50 mm] min, % for thickness			Elongación in 8 in. [200 mm], % for thickness.
	Ksi [MPa] min	Ksi [MPa] min	Under 0,230 [6,0mm] to 0,097 [2,5mm]	Under 0,097 [2,5mm] to 0,064 [1,6mm]	Under 0,064 [1,6mm] to 0,025 [0,65mm]	Under 0,230 [6,0 mm]
SS:						
Grade 30 [205]	30[205]	49[340]	25,0	24,0	21,0	19,0
Grade 33 [230]	33[230]	52[360]	23,0	22,0	18,0	18,0
Grade 36 [250] Type 1	36[250]	53[365]	22,0	21,0	17,0	17,0
Grade 36 [250] Type 2	36[250]	58-80[400-550]	21,0	20,0	16,0	16,0
Grade 40 [275]	40[275]	55[380]	21,0	20,0	15,0	16,0
Grade 45 [310]	45[310]	60[410]	19,0	18,0	13,0	14,0
Grade 50 [340]	50[340]	65[450]	17,0	16,0	11,0	12,0
Grade 55 [380]	55[380]	70[480]	15,0	14,0	9,0	10,0
HSLAS			Over 0,097 in [2,5 mm]	Up to 0,097 in [2,5 mm]		
Grade 45 [310] Class 1	45[310]	60[410]	25,0	23,0	...	...
Grade 45 [310] Class 2	45[310]	55[380]	25,0	23,0	...	...
Grade 50 [340] Class 1	50[340]	65[450]	22,0	20,0	...	...
Grade 50 [340] Class 2	50[340]	60[410]	22,0	20,0	...	...
Grade 55 [380] Class 1	55[380]	70[480]	20,0	18,0	...	...

Fuente: [13]

Tabla 2.3.- Propiedades mecánicas de los aceros HSLA (%), continuación

Grade 55 [380] Class 2	55[380]	65[450]	20,0	18,0	...	...
Grade 60 [410] Class 1	60[410]	75[520]	18,0	16,0	...	...
Grade 60 [410] Class 2	60[410]	70[480]	18,0	16,0	...	...
Grade 65 [450] Class 1	65[450]	80[550]	16,0	14,0	...	...
Grade 65 [450] Class 2	65[450]	75[520]	16,0	14,0	...	...
Grade 70 [480] Class 1	70[480]	85[585]	14,0	12,0	...	...
Grade 70 [480] Class 2	70[480]	80[550]	14,0	12,0	...	...

Fuente: [13]

Los aceros HSLA de mayor aplicación se pueden clasificar en tres grupos:

* **Grupo 1**, aceros normalizados de alto límite elástico: este grupo de aceros se caracteriza por poseer una buena soldabilidad y su elevado límite elástico se consigue por la adición de pequeñas cantidades de elementos de aleación como el niobio (Nb) [12].

* **Grupo 2**, aceros normalizados resistentes a la corrosión atmosférica: los elementos que se añaden como micro-aleantes a esta grupo de aceros son níquel (Ni), cromo (Cr), cobre (Cu), silicio (Si) y fósforo (P). Son aceros que poseen unas cuatro veces más resistencia a la corrosión y valores de resiliencia superiores a los de los aceros al carbono. Los aceros de este grupo más empleados son los ASTM 242 y A588 [12].

* **Grupo 3**, aceros templados y revenidos de muy altas características mecánicas: son aceros que en función de la composición química, espesores y tratamiento térmico, pueden llegar a alcanzar límites elásticos de entre 35-205 Kg/mm^2 . Estas elevadas propiedades mecánicas provienen de la estructura martensítica que se consigue después de un tratamiento térmico de temple y revenido. Para ello, las piezas de acero se calientan a una temperatura a la cual se consigue una estructura martensítica con los carburos de estos elementos en disolución. A continuación, la pieza se enfría y la estructura martensítica se transforma en una estructura mixta de martensita y bainita inferior [12].

Los aceros HSLA se pueden encontrar en las siguientes aplicaciones: Puentes, componentes de suspensión, estructuras, vehículos-transporte, componentes tubulares, equipo pesado, entre otros [12].

2.2.2 Corrosión

Quizás la característica más difícil de la corrosión es la inmensa variedad de condiciones bajo las cuales ocurre y la gran cantidad de formas en que aparece. Se han compilado numerosos manuales de datos de corrosión que enumeran los efectos de la corrosión de combinaciones específicas de material / medio ambiente; aun así, los datos cubren solo una pequeña fracción de las situaciones posibles y solo para valores específicos de, por ejemplo, la temperatura y la composición de las sustancias involucradas. Para prevenir la corrosión, interpretar los fenómenos de corrosión o predecir el resultado de una situación de corrosión para condiciones distintas de aquellas para las cuales se puede encontrar una descripción exacta, el ingeniero debe ser capaz de aplicar el conocimiento de los fundamentos de la corrosión.

Estos fundamentos incluyen los mecanismos de las diversas formas de corrosión, las condiciones termodinámicas aplicables y las leyes cinéticas, y los efectos de las principales variables. Incluso con todo el conocimiento generalizado disponible de los principios, la corrosión es en la mayoría de los casos un proceso muy complejo en el que las interacciones entre muchas reacciones, condiciones y efectos sinérgicos diferentes deben considerarse cuidadosamente. Todos los procesos de corrosión muestran algunas características comunes. Los principios termodinámicos se pueden aplicar para determinar qué procesos pueden ocurrir y qué tan fuerte es la tendencia para que los cambios tengan lugar. Las leyes cinéticas luego describen las tasas de las reacciones [14].

a.- Corrosión atmosférica.-

Es una corrosión que permite la degradación del material al exponerse aire y sus contaminantes en lugar de sumergirse en un líquido. Es una de las más antiguas tipos de corrosión y es la que genera mayores fallos en términos de costos [14].

b.- Corrosión uniforme.

Es una corrosión que permite la pérdida de material de una forma uniforme en una superficie expuesta, ya que se disuelve su componente metálico debido a un ataque químico. La combinación del oxígeno para la formación óxidos metálicos, resulta en la pérdida de masa. La resistencia de la corrosión de un metal se forma una película pasiva en su superficie, produciéndose de forma natural al exponerse al medio ambiente. Esta película es una forma de corrosión, sin embargo, una vez formada previene una degradación adicional del material [15].

c.- Corrosión intergranular.

Es un tipo de corrosión localizada que generalmente ataca los bordes de grano del metal. En el grano se pueden o no observar ataques corrosivos. Donde el borde del grano actúa como ánodo, y cátodo es el resto del área, resultando en un flujo de energía del ánodo al cátodo, causando un ataque rápido y ocasionando penetraciones profundas en el metal. [15].

d.- Corrosión galvánica

Se suscita en metales disímiles, cuando dos metales diferentes son eléctricamente conectados y colocados en una solución conductora o electrolito. La diferencia de potencial proporcionará una fuerza impulsora más fuerte para la disolución más electronegativa [14], los componentes esenciales son:

- Materiales que poseen diferente potencial de superficie.
- Un electrolito común.
- Un medio eléctrico común.

e.- Corrosión en grietas

Es un tipo de corrosión localizada, que ocurre dentro de las aberturas formadas por el contacto de metal a metal. Se puede desarrollar en cualquier metal y en cualquier ambiente y los materiales más propensos a este tipo de corrosión son el aluminio y los aceros inoxidable [15].

f.- Productos de corrosión

Los productos de corrosión del hierro y sus aleaciones, conocido como herrumbre, comprenden varios tipos de óxidos, óxidos hidratados, oxihidróxidos y diversas sustancias cristalinas y amorfas que se forman como resultado de la reacción entre el hierro y el medio atmosférico. Proviene del sustrato metálico (productos endógenos) o de la propia atmósfera (productos exógenos), en la Tabla 2.4 se muestra los productos de la corrosión para la capa de herrumbre [16].

La proporción de cada uno de estos productos depende de la composición del acero y del medio en el que está expuesto, así como del tipo e intensidad de los distintos factores meteorológicos tales como viento, temperatura y agua de lluvia. El tiempo de exposición también influye enormemente [16].

Tabla 2.4.- Productos de corrosión encontrados en la capa de herrumbre.

	Denominación	Composición
Óxidos	Hematita	$\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$
	Maghemita	$\gamma - \text{Fe}_2\text{O}_3$
	Magnetita	Fe_3O_4
	Ferrihidrita	$\text{Fe}_5\text{HO}_8\text{4H}_2\text{O}$
Hidróxidos	Hidróxido Ferroso	$\text{Fe}(\text{OH})_2$
	Hidróxido Férrico	$\text{Fe}(\text{OH})_3$
	Goetita	$\alpha - \text{FeOOH}$
	Akaganeita	$\beta - \text{FeOOH}$
	Lepidocrocita	$\gamma - \text{FeOOH}$
	Feroxihita	$\delta - \text{FeOOH}$
Otros	Cloruro Ferroso	FeCl_2
	Cloruro Férrico	FeCl_3
	Sulfato Ferroso	FeSO_4
	Sulfato Férrico	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

Fuente: [16]

2.2.3 Morfologías productos de corrosión

Para la mayoría de los productos de corrosión del hierro existen distintas vías para su formación y por consiguiente de diferente tamaño del cristal y morfología cristalina. Así en la Figura 2.1 se observa las morfologías típicas de los productos de corrosión, la lepidocrocita se presenta como (a) pequeños glóbulos cristalinos (cristales arenosos) o (b) finas láminas (estructuras floreadas); la goetita adquiere estructuras globulares conocidas como (c) bolas de algodón (goetita semicristalina) e incluso estructuras aciculares (d) (goetita cristalina). La feroxihita muestra una morfología a modo de láminas deformadas (e) y la akaganeita aparece como bolas de algodón, formaciones de tipo roseta o como cristales con forma cilíndrica (f). Finalmente, la magnetita se presenta con formas planas obscuras a modo de discos circulares, siendo frecuentemente difíciles de encontrar [17].

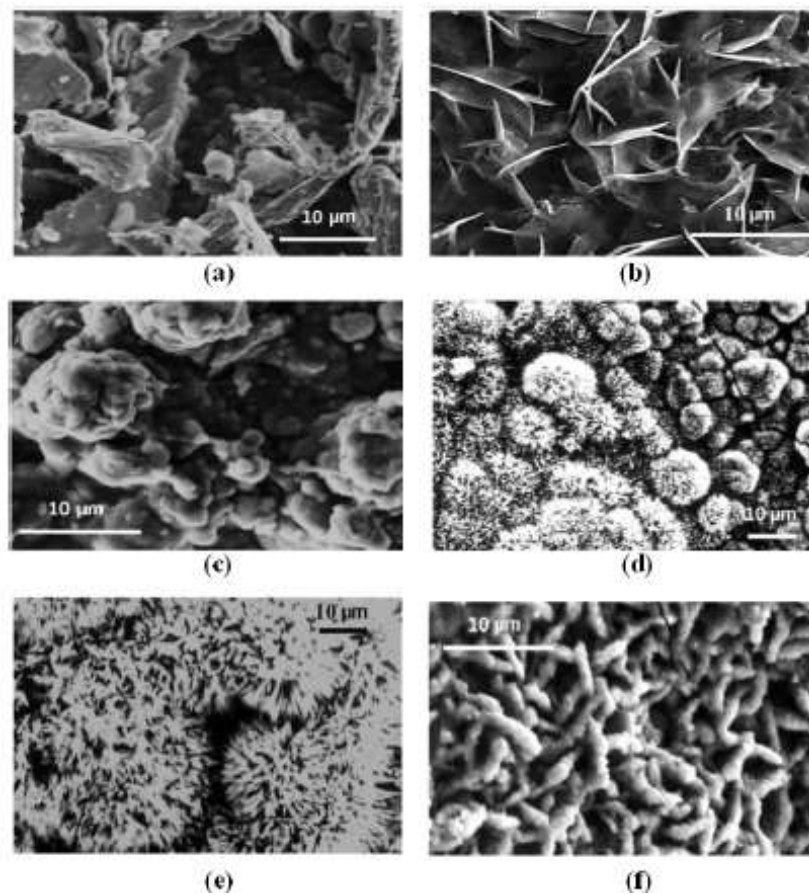


Fig. 2.1.- Morfologías típicas de distintos productos de corrosión del hierro.

Fuente: [16]

2.2.4 Tipos de atmósferas

Antes de que se puedan evaluar los datos de materiales, las variables atmosféricas del sitio de exposición se deben determinar y registrar periódicamente durante el período de prueba, en la Tabla 2.5 se observa una clasificación de diferentes tipos de atmósferas. La variabilidad de la severidad de la corrosión atmosférica ha sido bien documentada. La severidad del ambiente generalmente se indica al designar un ambiente como rural, urbano, industrial, marino o una combinación de estos [14].

Tabla 2.5.- Rangos de actividad típicos de SO_x y cloruros medidos en diversas atmósferas

Tipo de Atmósfera	Mg SO_x/dm²/d	mg Cl/m²/d
Industrial	0,5 - 2	Nil
Urbano	0,5 - 4	Nil
Rural (semi)	nil - 2	Nil
Marino	Nil - 0.5	25 - 150

Fuente: [14]

2.2.5.- Planificación y preparación de pruebas de corrosión

El comportamiento de corrosión es una propiedad combinada del metal y el entorno al que está expuesto. Por lo tanto, no existe una prueba de corrosión universal para todos los propósitos. Los factores asociados con el metal y el medio ambiente deben considerarse y controlarse, cuando sea necesario, para establecer las condiciones de exposición apropiadas durante la prueba. Las pruebas de corrosión realizadas correctamente pueden significar ahorros de millones de dólares. Son el medio de evitar el uso de un metal en condiciones inadecuadas o de utilizar un material más caro de lo que se requiere. Las pruebas de corrosión también ayudan en el desarrollo de nuevas aleaciones que funcionan de forma más económica, más eficiente, más larga o más segura que las aleaciones actualmente en uso [14].

2.2.6.- Selección de medios corrosivos

El comportamiento a la corrosión de un material determinado depende del entorno y las condiciones de exposición, así como del estado del material de prueba. El predictor de rendimiento más confiable es la experiencia del servicio, seguido de cerca por las pruebas de campo, ambos se basan en el entorno real. Cuando falta historial de servicio y restricciones de tiempo o presupuesto, las pruebas de corrosión en el laboratorio se usan para predecir o estimar el desempeño de la corrosión. Son particularmente útiles para el control de calidad, la selección de materiales y el desarrollo de materiales. Las pruebas de laboratorio pueden ser engañosas si no se utilizan medios corrosivos apropiados relacionados con los objetivos de la prueba. Parte de la filosofía de la prueba implica si la prueba pretende reproducir un cierto entorno con precisión o si es más aconsejable utilizar un corrohente que represente una situación del peor de los casos. En cualquier forma, el investigador de la corrosión debe hacer todo lo posible para que la prueba sea reproducible ejerciendo un control explícito sobre factores ambientales tales como la concentración de reactivos y contaminantes, pH de la solución, temperatura, aireación, velocidad, impacto y efectos bacteriológicos. Los métodos de prueba estándar deberían proporcionar tales controles [14].

a.- Resultados de la prueba acelerada. Casi invariablemente, es deseable obtener los resultados de los ensayos de corrosión lo más rápido posible, lo que requiere acelerar las reacciones para obtener resultados más rápidos. La pregunta importante es: ¿cómo pueden acelerarse las condiciones o reacciones, y hasta qué punto pueden acelerarse antes de que se introduzca una reacción diferente? Considere, por ejemplo, una prueba de la tasa de corrosión de una pieza de acero en agua. Se sabe que elevar la temperatura del agua aumenta significativamente la velocidad de corrosión. La tendencia puede ser acelerar la prueba elevando la temperatura hasta el punto de ebullición, pero al hacerlo, se elimina el oxígeno en el agua, que también contribuye a la tasa de corrosión. La tasa de corrosión luego disminuye en lugar de continuar aumentando con la temperatura, induciendo así un mecanismo de corrosión diferente al de interés [14].

b.- Correlación con la experiencia de campo.- La fiabilidad de un medio de prueba acelerado se puede demostrar por la correlación con la experiencia de servicio práctica o con los resultados de las pruebas de campo apropiadas. Sin embargo, algunos métodos utilizados para correlacionar entornos de prueba son inadecuados y deben evitarse [14].

2.2.7.- Evaluación del daño por corrosión

Los métodos apropiados para medir la degradación del metal también dependen de la forma de corrosión observada. Por ejemplo, el método ancestral de medir la corrosión es determinando la pérdida de peso y calculando las tasas promedio de corrosión, que es adecuada para metales que se corroen uniformemente, no es una medida realista de las formas localizadas de corrosión, tales como picaduras y ataque inter-granular. La Figura 2.2 ilustra la amplia variación en los resultados obtenidos midiendo la corrosión localizada de las aleaciones de aluminio de tres maneras diferentes [14].

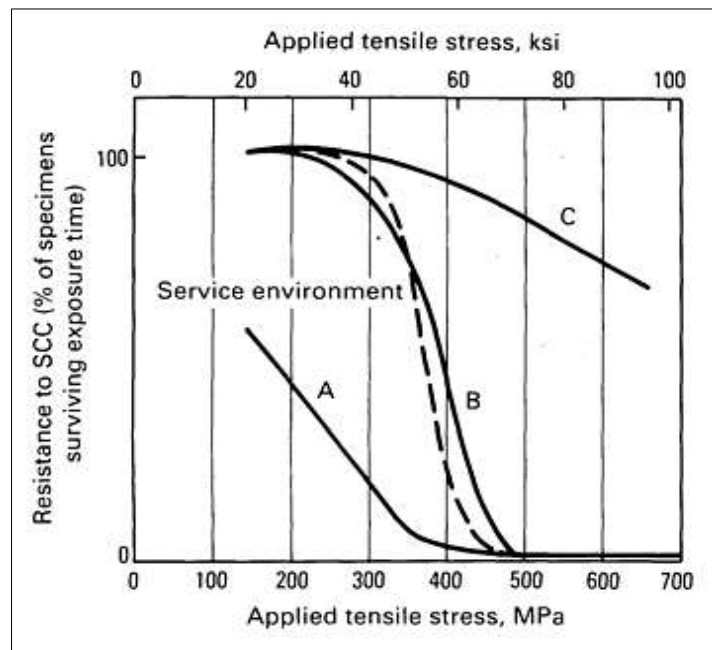


Fig. 2.2.- Correlación de datos de pruebas de laboratorio con datos de prueba de campo o experiencia de servicio.

Fuente: [14]

2.2.8.- Recubrimientos anticorrosivos

Es una mezcla de pigmentos en una solución de aditivos y resinas que al aplicar una capa forma una película actuando como una barrera flexible para el sustrato, también es adherente y proporciona protección anticorrosiva [18].

Los recubrimientos no metálicos principales que se describen a continuación son:

a.- Orgánicos.- Son formulaciones de materiales orgánicos e inorgánicos dispersos. Ejemplos: revestimientos transparentes, pinturas típicas, recubrimientos de escamas metálicas, recubrimientos galvánicos orgánicos (ricos en zinc) [18].

b.- Inorgánicos.- Son aquellos que son modificados por materiales metálicos y orgánicos. Ejemplos: fosfatos, recubrimientos anódicos, óxidos, carburos, nitruros, boruros, siliciuros, recubrimientos galvánicos inorgánicos (ricos en zinc). La mayoría de estos recubrimientos inorgánicos se aplican. Algunos, como los recubrimientos anódicos, se forman por reacción en la superficie [18].

2.2.9.- Preparación de la superficie de acuerdo a la norma SSPC (steel structures painting council).

Es de gran importancia realizar una correcta preparación de superficie antes de la aplicación de cualquier tipo de revestimiento o pintura ya que es un factor que repercute directamente sobre el resultado final del mismo. En la Tabla 2.6 se indica las categorías de preparación de superficie definidas por la norma SSPC (Steel Structures Painting Council) [19].

Hay que tomar en cuenta que el rendimiento de un revestimiento se ve directamente influenciado por su capacidad de adherencia al sustrato, tomando en cuenta que el metal debe ser completamente blanco, de manera que se debe eliminar aceites, grasas, pinturas viejas y contaminantes de la superficie, así como también la cascarilla de laminación y herrumbre.

Tabla 2.6.- Categorías: Preparación de la superficie definidas por la SSPC

NORMA SSPC	DESCRIPCIÓN	
SSPC – SP COM	Comentarios sobre preparación de superficie para aceros y sustratos de hormigón	
SSPC - SP 1	Limpieza con solventes	
SSPC - SP 2	Limpieza con herramientas manuales	Cepillos, lijas, etc.
SSPC - SP 3	Limpieza con herramientas manuales mecánicas	Herramientas eléctricas o neumáticas
SSPC - SP 5 / NACE N:1	Limpieza con chorro abrasivo	Granallado metal blanco
SSPC - SP 6 / NACE N:3	Limpieza con chorro abrasivo	Granallado comercial
SSPC - SP 7 / NACE N:4	Limpieza con chorro abrasivo	Granallado ligero
SSPC - SP 8	Decapado químico	
SSPC - SP 10 / NACE N:2	Limpieza con chorro abrasivo	Granallado Semi-blanco
SSPC - SP 11	Limpieza manual con herramientas mecánicas	Limpieza metal limpio o desnudo con rugosidad mínima de 25 micrones
SSPC - SP 12 / NACE N:5	Limpieza con Agua a presión - Waterjetting	Reescrita en Julio 2012 y reemplazadas por las normas SSPC- SP WJ-1,2,3 y 4
SSPC - SP 13 / NACE N:6	Limpieza de Concreto	
SSPC - SP 14 / NACE N:8	Granallado industrial	
SSPC - SP 15	Limpieza manual con herramientas mecánicas	Limpieza comercial con rugosidad mínima de 25 micrones
SSPC - SP 16	Limpieza metales no ferrosos	Galvanizado, Acero inoxidable, cobre, aluminio, latón, etc.

Fuente: [19]

a.- SSPC (Steel Structures Painting Council) – SP – 1 (Limpieza con Solventes)

Preparación de superficie o limpieza utilizando solventes, vapor de agua, soluciones alcalinas, emulsiones jabonosas, detergentes y solventes orgánicos que remueven del sustrato, contaminantes como: grasa, aceite, polvo y sales solubles en el agente limpiador. La limpieza con solventes puede utilizarse antes de la aplicación de la pintura y en conjunto con otros métodos de preparación de

superficie mecánicas para la eliminación de óxido, cascarilla de laminación, o pinturas [19].

b.- SSPC (Steel Structures Painting Council) – SP – 2 (Limpieza con herramientas manuales)

Preparación de superficie o limpieza manual utilizando herramientas manuales (cepillos manuales, lijas, etc) para eliminar impurezas, tales como: residuos de soldaduras, oxidación, pintura envejecida y otras incrustantes. Este método puede no desprender completamente todas las incrustaciones que estén adheridas a la superficie [19].

c.- SSPC (Steel Structures Painting Council) – SP – 3 (Limpieza con herramientas manuales mecánicas)

Preparación de superficie o limpieza manual utilizando herramientas eléctricas o neumáticas, para eliminar impurezas, tales como: residuos de soldaduras, oxidación, pintura envejecida y otras incrustantes. Este método puede no desprender completamente todas las incrustaciones que estén adheridas a la superficie [19].

d.- SSPC (Steel Structures Painting Council) – SP – 5 / NACE N°1 (Limpieza con chorro de abrasivo - Granallado / arenado metal blanco)

Preparación de superficie o limpieza mediante chorro de Abrasivo conocido como granallado o arenado - Grado Metal Blanco de acuerdo a VIS II. Este método de limpieza consiste en utilizar un tipo de abrasivo sea este metálico o mineral y proyectarlo a presión para limpiar la superficie, eliminando toda la escama de laminación, óxido, pintura y cualquier material incrustante. La superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, óxido, capa de laminación restos de pintura sin excepciones. Son utilizadas en ambientes extremadamente severas con altos niveles de salinidad y acides [19].

e.- SSPC (Steel Structures Painting Council) – SP – 6 / NACE N°3 (Limpieza con chorro de abrasivo - Granallado / arenado comercial)

Preparación de superficie o limpieza con chorro de Abrasivo conocido como granallado o arenado - Grado Comercial.

Este método de limpieza consiste en utilizar un tipo de abrasivo sea este metálico o mineral y proyectarlo a presión para limpiar la superficie, eliminando toda la escama de laminación, óxido, pintura y cualquier material incrustante. No se debe superar el 33% de la superficie por pulgada cuadra de impurezas como aceite, grasa, polvo, óxido y los restos de capa de laminación. Los restos deben verse sólo como de distinta coloración. Se lo requiere en zonas donde los ambientes no son tan corrosivos y son muy pocos solicitados [19].

f.- SSPC (Steel Structures Painting Council) – SP – 7 / NACE N°4 (Limpieza con chorro de abrasivo - Granallado / arenado rápido)

Preparación de superficie o limpieza con chorro de Abrasivo conocido como granallado o arenado rápido o ráfaga. Este método de limpieza consiste en utilizar un tipo de abrasivo sea este metálico o mineral y proyectarlo a presión para limpiar la superficie, eliminando toda la escama de laminación, óxido, pintura y cualquier material incrustante. Se deberá limpiar la superficie de cualquier residuo de aceite, grasa, polvo, capa suelta de laminación, óxido suelto y capas de pintura desprendidas. Conserva la capa de laminación donde está firmemente adherida. [19].

g.- SSPC (Steel Structures Painting Council) – SP – 8 (limpieza con decapado químico)

Preparación de superficie o decapado por reacción química, electrolisis o por medio de ambos, para limpiar una superficie produciendo mordiente. A través de una reacción química con algún producto específico, las superficies metálicas son liberadas de laminilla, óxido, pintura y materiales extraños, posteriormente la reacción es neutralizada con alguna otra solución y secada con aire o vacío. Los resultados pueden ser considerados aceptables pero el método es de alto riesgo [19].

h.- SSPC (Steel Structures Painting Council) – SP – 10 / NACE N°2 (Limpieza con chorro de abrasivo -Granallado / arenado semi - blanco)

Preparación de superficie o limpieza con chorro de Abrasivo conocido como granallado o arenado semi blanco. Este método de limpieza consiste en utilizar un tipo de abrasivo sea este metálico o mineral y proyectarlo a presión para limpiar la superficie, eliminando toda la escama de laminación, óxido, pintura y cualquier material incrustante. Se admite un 5% de los contaminantes por cada pulgada cuadrada, se trata de mantener la superficie libre de aceite, grasa, polvo, óxido, capa de laminación, restos de pintura y otros materiales extraños en lo posible. Este es el método más utilizada ya que presenta características de buena preparación y rapidez en el trabajo y se lo utiliza para condiciones regulares a severas [19].

i.- SSPC (Steel Structures Painting Council) – SP – 11 (Limpieza manual con herramientas mecánicas - metal desnudo)

Preparación de superficie o limpieza manual utilizando herramientas eléctricas o neumáticas, para producir una superficie de metal desnudo eliminando impurezas, tales como: residuos de soldaduras, oxidación, pintura envejecida y otras incrustantes produciendo una rugosidad mínima de 25 micrones (1 mil). Esta norma es adecuada cuando se requiere una superficie limpia y rugosa, pero donde el proceso de granallado / arenado no es factible o permitido usar. Esta norma difiere de la SSPC - SP 3, que solo exige la eliminación de materiales de baja adherencia y no requiere producir o conservar un perfil de rugosidad. Esta norma difiere de SSPC - SP 15, que permite que un porcentaje de manchas de óxido, pintura, o cascarilla de laminación permanezcan en la superficie, mientras que en la norma SSPC - SP 11 sólo se permite que estos contaminantes permanezcan en el fondo de los cráteres [19].

j.- SSPC (Steel Structures Painting Council) – SP – 12 / NACE N° 5 (Limpieza con agua a presión - Waterjetting)

Preparación de superficie o limpieza con el uso de agua a presión o waterjetting logrando un grado definido de limpieza de superficie antes de la aplicación de un recubrimiento o revestimiento protector. La norma tiene un alcance limitado al uso exclusivo de agua y es utilizada principalmente para aplicaciones en las que el sustrato es acero al carbono. Sin embargo el proceso de waterjetting se puede

utilizar para limpieza de superficies no ferrosas tales como bronce, aluminio, y otros metales como el acero inoxidable. Esta norma no se ocupa de la limpieza de concreto que se detalla en la norma SSPC - SP 13 [18].

Nota: Esta norma fue reescrita en Julio 2012 y reemplazada por las siguientes normas:

- SSPC - SP WJ – 1 / NACE WJ – 1 (Mar/2014) Limpieza a metal desnudo por chorro de agua.

- SSPC – SP WJ – 2 / NACE WJ – 2 (Mar/2014) Limpieza muy profunda del metal por chorro de agua.

-SSPC - SP WJ – 3 / NACE WJ – 3 (Mar/2014) Limpieza profunda del metal por chorro de agua.

k.- SSPC (Steel Structures Painting Council) – SP – 13 / NACE N°6 (Limpieza de concreto)

Preparación de superficies o limpieza de concreto utilizando medios mecánicos, químicos o métodos térmicos previos a la aplicación de un recubrimiento o revestimiento de protección. Los requisitos de esta norma son aplicables a todo tipo de superficies de cemento, incluyendo pisos y muros, losas prefabricadas, muros de mampostería, etc. Una superficie de concreto debe estar libre de contaminantes, lechada, hormigón débilmente adherido, y el polvo, proporcionando un sustrato uniforme adecuado para la aplicación de recubrimiento o revestimiento de protección [19].

l.- SSPC (Steel Structures Painting Council) – SP – 14 / NACE N°8 (Granallado industrial)

Esta norma cubre los requisitos utilizados en la limpieza con chorros de abrasivo para el tratamiento de superficies de acero pintados o sin pintar en usos industrial. Estos requisitos incluyen la condición final de la superficie y los materiales procedimientos necesarios para lograr y verificar la condición final de la superficie.

La superficie granallada, cuando se ve sin aumento, deberá estar visiblemente libre de aceite, grasa, polvo y suciedad. Restos de cascarilla de laminación óxido y de

revestimiento fuertemente adheridas están autorizados a permanecer dentro del 10% de cada unidad de área de la superficie tratada si están distribuidas de manera uniforme. Restos cascarilla de laminación, óxido y recubrimientos se considerarán fuertemente adheridos si no se pueden quitar con espátula. Sombras, rayas, y decoloraciones causadas por manchas de óxido, manchas de cascarilla de laminación, y manchas de recubrimiento aplicado anteriormente pueden estar presentes en el resto de la superficie [19].

m.- SSPC (Steel Structures Painting Council) – SP – 15 (Limpieza manual con herramientas mecánicas - grado comercial)

Preparación de superficie o limpieza manual utilizando herramientas eléctricas o neumáticas, en un grado comercial eliminando impurezas, tales como: residuos de soldaduras, oxidación, pintura envejecida y otras incrustantes produciendo una rugosidad mínima de 25 micrones (1 mil). Un grado de limpieza comercial, cuando se ve sin aumento, deberá estar libre de aceite visible, grasa, suciedad, óxido, recubrimientos viejos, cascarillas de laminación, productos de corrosión, y otras materias extrañas, excepto como se indica a continuación. Esta norma permite manchas aleatorias limitadas a no más de un 33% de cada área de superficie a limpiar. La mancha puede consistir en sombras de luz, rayas leves o decoloraciones leves causadas por manchas de óxido, manchas de cascarilla de laminación, o manchas de revestimiento aplicado previamente. Leves residuos de óxido y pintura también se pueden dejar en el fondo de los cráteres de la superficie. Esta norma difiere de las normas SSPC SP 3 y SSPC SP 11 [19].

n.- SSPC (Steel Structures Painting Council) – SP – 16 (Limpieza de metales no ferrosos)

Preparación de superficie para dar rugosidad y limpieza a sustratos metálicos no ferrosos revestidos y no revestidos, incluyendo, pero no limitado a superficies galvanizadas, acero inoxidable, cobre, aluminio y latón. La superficie debe quedar libre de contaminantes y recubrimientos sueltos mediante inspección visual con un perfil de rugosidad mínimo de 19 micrones (0,75 mil) en la superficie del metal [19].

2.2.10.- Selección adecuada del recubrimiento según la norma ISO 12944

La norma ISO 12944 contempla el proceso completo para proteger correctamente un soporte de acero. Está diseñada para la elección del mejor recubrimiento de cualquier tipo de estructuras de acero que requieran ser pintadas mientras se previene su deterioro a partir de tres pasos [20]:

a.- Clasificación de ambientes: según las categorías de corrosión atmosféricas, de agua y suelo. De acuerdo con esto se determina su grado de corrosividad desde muy baja hasta muy alta, datos que se encuentran descritos en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7.- Categorías básicas de corrosividad atmosférica de acuerdo a la ISO 12944

CATEGORÍA DE CORROSIÓN	EJEMPLOS DE AMBIENTE	
	EXTERIOR	INTERIOR
C1 MUY BAJA		Edificios con calefacción con una atmósfera limpia, tales como oficinas, tiendas, escuelas y hoteles.
C2 BAJA	Atmósfera contaminada con una pequeña parte, principalmente en las regiones rurales	Edificios sin calefacción, donde se puede producir condensación, por ejemplo: almacenes, salas deportivas
C3 MEDIA	Ambientes Industriales y Urbanos con un nivel medio de contaminación de dióxido de azufre. Áreas industriales y áreas costeras de baja salinidad	Espacio de producción de alta humedad y de la comunidad del aire, por ejemplo: plantas de alimentos, lavanderías, fábricas de cerveza, industrias lácteas.
C4 ALTA	Las zonas industriales y las zonas costeras de media salinidad	Plantas químicas, piscinas, astilleros de reparación de barcos
C5-I MUY ALTA (Industrial)	Áreas industriales de alta humedad y ambiente agresivo	Edificios y áreas de condensación casi constante y alta contaminación
C5-M MUY ALTA (Marina)	Zonas de tierra (inshore) y marítimas (offshore) de alta salinidad	Edificios y áreas de condensación casi constante y alta contaminación

Fuente: [20]

b.- Durabilidad requerida para el sistema de pintado: Se entiende por vida de un sistema de pintado como el período de tiempo que pasa hasta que es necesario realizar el mantenimiento del sistema por primera vez después de la aplicación. La

ISO 12944 ha especificado un rango de tres intervalos de tiempo para clasificar a la durabilidad que son presentados en la Tabla 2.8 [20]:

Tabla 2.8.- Tiempos de duración de sistemas de recubrimientos

BAJA – L	2 a 5 años
MEDIA – M	5 a 15 años
ALTA – H	Más de 15 años

Fuente: [20]

c.- Selección de sistema de pintado: provee una guía según la química de los recubrimientos para especificar, recomendar o asesorar. Se tiene en cuenta el tipo de producto, espesor y número de capas a aplicar, en las Tablas 2.9 hasta la 2.17 recomienda el sistema, de acuerdo al área y la categoría de corrosividad. Por ejemplo tomando en cuenta un sistema de pintura HEMPEL recomienda [1]:

Tabla 2.9.- Para estructuras de acero en áreas cerradas - categoría de corrosividad c1/c2

Vida Estimada	Sist.	Tipo de pintura	Sistema de pintura Hempel	Espesor micras
0 – 5 años	1	BD Alquídica	1 x HEMPAQUICK PRIMER 13624 **	40
		BD Alquídica	1 x HEMPAQUICK ENAMEL 53840	40
	Espesor total			80
	2	BD Alquídica	1 x HEMUNLIN PRIMER 18310	40
		BD Alquídica	1 x HEMUNLIN ENAMEL 58380	40
	Espesor total			80
5 – 15 años	3	BD Poliuretano	1 x HEMPATHANE HS 55610	80
		Espesor total			80
	1	BD Alquídica	1 x HEMPAQUICK PRIMER 13624	80
BD Alquídica		1 x HEMPAQUICK ENAMEL 53840	40	
Espesor total			120	

Fuente: [1]

Tabla 2.9.- Para estructuras de acero en áreas cerradas - categoría de corrosividad c1/c2, continuación

	2	BD Alquídica	1 x HEMUNLIN PRIMER 18310	80
		BD Alquídica	1 x HEMUNLIN ENAMEL 58380	40
	Espesor total			120
	3	BD Epoxy	1 x HEMPADUR MASTIC 45880/1	120
	Espesor total			120
	4	BD Poliu.	1 x HEMPATHANE HS 55610	120
Espesor total			120	
>15 años	1	BD Alquídica	2 x HEMPAQUICK PRIMER 13624	120
	**			
		BD Alquídica	1 x HEMPAQUICK ENAMEL 53840	40
Espesor total			160	
	2	BA Alquídica	2 x HEMUNLIN PRIMER 18310	120
		BA Alquídica	1 x HEMUNLIN ENAMEL 58380	40
	Espesor total			160
	3	BA Acrílico	2 x HEMUCRYL PRIMER HB 18032	120
		BA Acrílico	1 x HEMUCRYL ENAMEL HB 58030	40
	Espesor total			160
	4	BD Epoxy	1 x HEMPADUR MASTIC 45880/1	160
	Espesor total			160
	5	BD Epoxy	1 x HEMPADUR 45880/1	100
	BD Poliu.	1 x HEMPATHANE HS 55610	60	
Espesor total			160	
	6	BD Epoxy	1 x HEMUDUR 18500	100
		BA Poliuretano	1 x HEMUTHANE ENAMEL 58510	60
	Espesor total			160

Fuente: [1]

Tabla 2.10.- Estructuras de acero en áreas abiertas – categoría de corrosividad c3

Vida Estimada	Sist.	Tipo de pintura	Sistema de pintura Hempel	Espesor (micras)	
0 – 5 años	1	BD Alquídica	1 x HEMPAQUICK PRIMER 13624 **	80	
		BD Alquídica	1 x HEMPAQUICK ENAMEL 53840	40	
		Espesor total			120
	2	BA Alquídica	1 x HEMUNLIN PRIMER 18310	80	
		BA Alquídica	1 x HEMUNLIN ENAMEL 58380	40	
		Espesor total			120
	3	BD Epoxy	1 x HEMPADUR MASTIC 45880/1	120	
		Espesor total			120
	4	BD Poliuretano	1 x HEMPATHANE HS 55610	120	
		Espesor total			120
		BD Acrílico	1 x HEMUCRYL PRIMER HB 18032	100	
	5 – 15 años	1	BD Acrílico	1 x HEMUCRYL ENAMEL HB 58030	60
Espesor total			160		
2		BD Epoxi	1 x HEMPADUR 45880/1	100	
		BD Poliuretano	1 x HEMPATHANE HS 55210	60	
		Espesor total			160
3		BA Epoxy	1 x HEMUDUR 18500	100	
		BA Poliuretano	1 x HEMUTHANE ENAMEL 58510	60	
		Espesor total			160

Tabla 2.10.- Para estructuras de acero en áreas abiertas – categoría de corrosividad c3, continuación.

> 15 años	1	BA Acrílico	2 x HEMUCRYL PRIMER HB 18032	140
		BA Acrílico	1 x HEMUCRYL ENAMEL HB 58030	60
		Espesor total		200
	2	BD Epoxy	1 x HEMPADUR 45880/1	140
		BD Poliuretano	1 x HEMPATHANE HS 55610	60
		Espesor total		200
	3	BA Epoxy	1 x HEMUDUR 18500	140
		BA Poliuretano	1 x HEMUTHANE ENAMEL 58510	60
		Espesor total		200
	4	BD Epoxy Zinc	1 x HEMPADUR ZINC 17360	40
		BD Epoxy	1 x HEMPADUR 45880/1	70
		BD Poliuretano	1 x HEMPATHANE HS 55610	50
Espesor total		160		

Fuente: [1]

Tabla 2.11.- Para estructuras de acero en áreas abiertas – categoría de corrosividad c4

Vida Estimada	Sist.	Tipo de pintura	Sistema de pintura Hempel	Espesor (micras)	
0 – 5 años	1	BA Acrílico	2 x HEMUCRYL PRIMER HB 18032	140	
		BA Acrílico	1 x HEMUCRYL ENAMEL HB 58030	60	
		Espesor total		200	
	2	BD Epoxy	2 x HEMPADUR MASTIC 45880/1	200	
		Espesor total		200	
	5 - 15 años	1	BD Epoxy	1 x HEMPADUR 45880/1	180
			BD Poliuretano	1 x HEMPATHANE HS 55610	60
			Espesor total		240
		2	BA Epoxy	2 x HEMUDUR 18500	180
			BA Poliuretano	1 x HEMUTHANE ENAMEL 58510	60
Espesor total			240		
3		BD Epoxy	1 x HEMPADUR ZINC Zinc 17360	60	
		BD Epoxy	1 x HEMPADUR 45880/1	80	
		BD Poliuretano	1 x HEMPATHANE HS 55610	60	
		Espesor total		200	
		4	BA Epoxy Zn	1 x HEMUDUR ZINC 18560	60
BD Epoxy			1 x HEMUDUR 18500	80	
BD Poliuretano	1 x HEMUTHANE ENAMEL 58510		60		
Espesor total			200		

Tabla 2.11.- Para estructuras de acero en áreas abiertas – categoría de corrosividad c4, continuación.

>15 años

1	BD Epoxy	2 x HEMPADUR 45880/1	220
	BD Poliuretano	1 x HEMPATHANE HS 55610	60
	Espesor total		280
	<hr/>		
2	BD Epoxy Zinc	1 x HEMPADUR ZINC 17360	60
	BD Epoxy	1 x HEMPADUR 45880/1	120
	BD Poliuretano	1 x HEMPATHANE HS 55610	60
	Espesor total		240
<hr/>			
3	BA Epoxy Zinc	1 x HEMUDUR ZINC 18560	60
	BA Epoxy	1 x HEMUDUR 18500	120
	BA Poliuretano	1 x HEMUTHANE ENAMEL 58510	60
	Espesor total		240
<hr/>			
4	BD Silicato de Zinc	1 x HEMPEL´s GALVOSIL 15700	60
	BD Epoxy	1 x HEMPADUR 45880/1	120
	BD Poliuretano	1 x HEMPATHANE HS 55610	60
	Espesor total		240

Fuente: [1]

Tabla 2.12.- Para estructuras de acero en áreas abiertas – categoría de C5-I

Vida Estimada	Sist.	Tipo de pintura	Sistema de pintura Hempel	Esp. micras	
5 - 15 años	1	BD Epoxy	2 x HEMPADUR QUATTRO	300	
		Espesor total			300
	2	BD Epoxy Zinc	1 x HEMPADUR ZINC 17360	60	
		BD Epoxy	1 x HEMPADUR 45880/1	120	
		BD Poliuretano	1 x HEMPATHANE HS 55610	60	
		Espesor total			240
		3	BA Epoxy Zinc	1 x HEMUDUR ZINC 18560	60
	BA Epoxy		1 x HEMUDUR 18500	120	
	BA Poliuretano		1 x HEMUTHANE ENAMEL 58510	60	
	Espesor total			240	
>15 años	1	BD Epoxy	2 x HEMPADUR MASTIC 45880/1/W	260	
		BD Poliuretano	1 x HEMPATHANE HS 55610	60	
		Espesor total			320
	2	BD Epoxy Zinc	1 x HEMPADUR ZINC 17360	60	
		BD Epoxy	1 x HEMPADUR 45880/1	200	
		BD Poliuretano	1 x HEMPATHANE HS 55610	60	
		Espesor total			320
	3	BA Epoxy Zinc	1 x HEMUDUR ZINC 18560	60	
		BA Epoxy	2 x HEMUDUR 18500	200	
		BA Poliuretano	1 x HEMUTHANE ENAMEL	60	
		Espesor total			320
	4	BD Silicato de Zinc	1 x HEMPEL´s GALVOSIL 15700	60	
		BD Epoxy	2 x HEMPADUR 45880/1	200	
		BD Poliuretano	1 x HEMPATHANE HS 55610	60	
Espesor total			320		

Fuente: [1]

Tabla 2.13.- Para estructuras acero áreas abiertas categoría C5 – M

Vida Estimada	Sist.	Tipo de pintura	Sistema de pintura Hempel	Esp. micras	
5 - 15 años	1	BD Epoxy	2 x HEMPADUR 45880/1	300	
		Espesor total			300
	2	BA Epoxy	3 x HEMUDUR 18500	240	
		BA Poliuretano	1 x HEMUTHANE ENAMEL	40	
		Espesor total			280
		3	BD Epoxy Zinc	1 x HEMPADUR ZINC 17360	40
	BD Epoxy		1 x HEMPADUR 45880/1	120	
	BD Poliuretano		1 x HEMPATHANE HS 55610	80	
	Espesor total			240	
	4	BA Epoxy Zinc	1 x HEMUDUR ZINC 18560	60	
		BA Epoxy	2 x HEMUDUR 18500	120	
		BA Poliuretano	1 x HEMUTHANE ENAMEL	60	
Espesor total			240		
>15 años	1	BD Epoxy	2 x HEMPADUR MASTIC	260	
		BD Poliuretano	1 x HEMPATHANE HS 55610	60	
		Espesor total			320
	2	BD Epoxy Zinc	1 x HEMPADUR ZINC 17360	60	
		BD Epoxy	2 x HEMPADUR 45880/1	200	
		BD Poliuretano	1 x HEMPATHANE HS 55610	60	
		Espesor total			320
	3	BA Epoxy Zinc	1 x HEMUDUR ZINC 18560	60	
		BA Epoxy	2 x HEMUDUR 18500	200	
		BA Poliuretano	1 x HEMUTHANE ENAMEL	60	
		Espesor total			320
	4	BD Silicato Zn	1 x HEMPEL´s GALVOSIL	60	
		BD Epoxy	2 x HEMPADUR 45880/1	200	
		BD Poliuretano	1 x HEMPATHANE HS 55610	60	
		Espesor total			320

Fuente: [1]

Tabla 2.14.- Para estructuras en inmersión (agua o enterradas en el suelo)

Vida Estimada	Sist.	Tipo de pintura	Sistema de pintura Hempel	Espesor micras		
5 - 15 años	1	BD Epoxy	1 x HEMPADUR QUATTRO 17634	160		
		BD Epoxy	1 x HEMPADUR QUATTRO 17634	160		
		Espesor total		320		
	2	BD Epoxy	1 x HEMPADUR MASTIC 45880/1/W	160		
		BD Epoxy	1 x HEMPADUR MASTIC 45880/1/W	160		
		Espesor total		320		
	> 15 años	3	BD Epoxy	1 x HEMPADUR MULTISTRENGHT GF 35870	400	
			1	BD Epoxy	1 x HEMPADUR QUATTRO 17634	150
				BD Epoxy	1 x HEMPADUR QUATTRO 17634	150
		BD Epoxy		1 x HEMPADUR QUATTRO 17634	150	
Espesor total		450				
2		BD Epoxy	1 x HEMPADUR MULTI- STRENGHT 45751/3	125		
		BD Epoxy	1 x HEMPADUR MULTI- STRENGHT 45751/3	150		
		BD Epoxy	1 x HEMPADUR MULTI- STRENGHT 45751/3	150		
Espesor total		425				
3		3	BD Epoxy GF	1 x HEMPADUR MULTI- STRENGHT GF 35870	350	

Tabla 2.14.- Para estructuras en inmersión (agua o enterradas en el suelo), continuación.

> 15 años	BD Epoxy	1 x HEMPADUR		350
		MULTISTRENGHT GF 35870		
			Espesor total	700
4	BD Epoxy	1 x HEMPADUR 87540		800
			Espesor total	800

Fuente: [1]

Tabla 2.15.- Para estructuras de acero inmersas en agua potable

Vida Estimada	Sist.	Tipo de pintura	Sistema de pintura Hempel	Espesor micras
5 - 15 años	1	100% Sólidos	1 x HEMPADUR PW	200
		Epox	35530/PW 355E5	
	100% Sólidos	1 x HEMPADUR PW	200	
	Epox	35530/PW 355E5		
			Espesor total	400
	2	100% Sólidos	1 x HEMPADUR PW	400
		Epox	35530/PW 355E5	
				Espesor total	400

Fuente: [1]

Tabla 2.16.- Para recubrimientos para tanques de combustible

Tipo de pintura	Sistema de pintura Hempel	Espesor (micras)
BD Epoxy	1 x HEMPADUR 85671	100
BD Epoxy	1 x HEMPADUR 85671	100
BD Epoxy	1 x HEMPADUR 85671	100
Espesor total		300

Fuente: [1]

2.2.11. Cámara de aceleración de la corrosión.-

El equipo de prueba consiste en una cámara cerrada (ver Figura 2.3), cuya cuba interior es construida de una sola pieza de fibra de vidrio, donde una solución salina (principalmente, una solución de cloruro de sodio al 5%) se atomiza por medio de una boquilla (sistema de pulverización). Esto produce un ambiente corrosivo de la densa niebla salina en la cámara de manera que las partes expuestas en ella son sometidas a condiciones severamente corrosivas [21].



Fig 2.3. Cámara salina DYCOMETAL SSC

Fuente: [22]

Posee un sistema de control y regulación con un panel de mando ergonómicamente situado. La temperatura de trabajo es de 35°C y la presión de pulverización es de 15 – 20 psi, este equipo cumple con la Norma ASTM B117. En las pruebas se aplica una solución estandarizada 5% de NaCl se conocen como NSS (spray sal neutra). Los resultados se representan generalmente como horas de prueba en NSS (spray sal neutra) sin aparición de productos de corrosión (por ejemplo, 720 h en NSS de acuerdo con ISO 9227).

a.- Características:

- La cámara de niebla salina posee un cuerpo interior y exterior que tiene una resistencia buena a la corrosión y resistencia a la edad, sin fugas y la superficie es fácil de limpiar.

- Diseño de torre para la pulverización de niebla de manera que distribuye por igual la solución salina en las probetas de ensayo.
- Cubierta de la caja hecha de metacrilato incoloro de 7 mm de espesor de modo que el operador puede ver el estado de la muestra durante la prueba en cualquier momento.
- Utiliza un calentador de agua que se encuentra en el fondo del gabinete, construido con material de aleación de titanio. Por lo tanto, puede aumentar la temperatura rápidamente, y hacer que toda la temperatura de la cámara sea más uniforme. Por lo tanto, la temperatura de la cámara es fácil de controlar.
- Tarjeta Plug y otros componentes electrónicos se fijan en la posición que es conveniente para el control y el mantenimiento. Con cerradura de la puerta de tipo abierto placa aquelarre lado, fácil de mantener.
- Modo de pulverización: puede seleccionar Continuo Spary o spray período.
- Controlador de temperatura pantalla digital de alta precisión (error es inferior a 0,1 °C).
- Con la función de desempañado, con estructura en forma de sello de agua, no hay fugas de niebla salina [22].

2.2.12.- Evaluación de la corrosión por pérdida de masa

Esta evaluación se la realiza de acuerdo a la Norma ASTM – G1 que es una práctica estándar para la preparación, limpieza y evaluación de la prueba de corrosión “STANDARD PRACTICE FOR PREPARING, CLEANING AND EVALUATING CORROSION TEST ESPECIMENS”. En muchos de los casos el rango de corrosión uniforme es representado como la pérdida del espesor del metal como una función del tiempo. La pérdida de masa es la medida de la diferencia entre la masa original de la probeta y la masa después de que la probeta ha sido expuesta. Primero se determina la superficie total inicial del área del espécimen de prueba junto con su masa, para que al final del ensayo la pérdida de masa sea determinada. La tasa promedio de corrosión se puede obtener de la siguiente manera [23]:

$$C. R. = (K * W)/(A * T * D) \quad (ec.1)$$

Donde:

K= constante

T = Tiempo de exposición en horas

A= Área en cm²

W = Pérdida de masa en gramos (g)

D = Densidad en g/cm³

Tabla 2.17.- Valores de constante K de corrosión

Unidades deseadas de Tasa de Corrosión	(K) Constante de corrosión
Mils por año (mpy)	3.45×10^6
Pulgadas por año (ipy)	3.45×10^3
Pulgadas por mes (ipm)	2.87×10^2
Milímetros por año (mm/y)	8.76×10^4
Micrómetros por año (um/y)	8.76×10^7
Picómetros por segundo (pm/s)	2.78×10^6
Gramos por metro cuadrado por hora (g/m ² .h)	$1.00 \times 10^4 \times D$
Miligramos por decímetro cuadrado por día (mdd)	$2.40 \times 10^6 \times D$
Microgramos por metro cuadrado por segundo (ug/m ² .s)	$2.78 \times 10^6 \times D$

Fuente: [23]

2.2.13.- Evaluación del grado de oxidación en superficies de acero pintadas

El procedimiento descrito en la norma ASTM D 610 permite determinar la cantidad de oxidación sufrida en una película de pintura y si es un factor significativo de modo que el sistema de recubrimiento debe ser reparado o reemplazado. El grado de oxidación es evaluado usando una escala desde cero hasta diez basado en el porcentaje la superficie visible oxidada. La distribución del desgaste es clasificada como: Oxidación Spot, Oxidación General y Oxidación Pinpoint o Hybrid [24]. Primero se determinará el tipo de grado de oxidación de acuerdo a la Tabla 2.18 y se estima el porcentaje de área de la superficie oxidada usando los ejemplos visuales que se encuentran en la norma ASTM D 610 o SSPC – VIS 2 (Anexo 2)

Tabla 2-18: Escala y descripción del grado de oxidación

Rust Grade	Percent of Surface Rusted	Visual Examples		
		Spot (S)	General (G)	Pinpoint (P)
10	Less than or equal to 0,01 percent		None	
9	Greater than 0,01 percent and up to 0,03 percent	9-S	9-G	9-P
8	Greater than 0,03 percent and up to 0,1 percent	8-S	8-G	8-P
7	Greater than 0,1 percent and up to 0,3 percent	7-S	7-G	7-P
6	Greater than 0,3 percent and up to 1,0 percent	6-S	6-G	6-P
5	Greater than 1,0 percent and up to 3,0 percent	5-S	5-G	5-P
4	Greater than 3,0 percent and up to 10,0 percent	4-S	4-G	4-P
3	Greater than 10,0 percent and up to 16,0 percent	3-S	3-G	3-P
2	Greater than 16,0 percent and up to 33,0 percent	2-S	2-G	2-P
1	Greater than 33,0 percent and up to 50,0 percent	1-S	1-G	1-P
0	Greater than 50,0 percent		None	

Fuente: [24].

2.2.14.- Predicción del comportamiento a largo plazo

Las curvas de corrosión de los aceros de baja aleación recuerdan el trazado típico de las leyes parabólicas o funciones de potencia [17].

$$C = At^n \quad (\text{ec.2})$$

Donde:

A = Área en cm^2

t = tiempo de corrosión

n = Constante

Así, los datos de corrosión se ajustan bastante bien a un modelo de potencia o bien a la transformada logarítmica del tiempo de corrosión (t) y de la penetración de la corrosión (C) [17].

$$\text{Log } C = \log A + n \cdot \log t \quad (\text{ec.3})$$

Donde:

C = penetración de corrosión

t = tiempo de corrosión

A = Área en cm^2

Esta función de potencia, también denominada ley bi-logarítmica, se ha utilizado para predecir la corrosión atmosférica de materiales metálicos expuestos durante largos periodos de tiempo. Su precisión y fiabilidad han sido demostradas por un gran número de investigadores [17].

2.3 Fundamentación filosófica

El desarrollo del presente estudio se enfoca en el paradigma crítico propositivo, crítico porque se analiza una realidad problemática de la corrosión de los aceros que existe en todos los medios ambientales a los cuales se encuentran expuestos, llevando a la formación de óxidos y sulfuros, debilitando el material y ocasionando fallas catastróficas. Propositivo con el objeto de buscar un sistema de recubrimiento que disminuya la tasa de corrosión y que proteja de manera eficiente el material base alargando su vida útil. Además poder determinar las fases que se puedan formar en la capa superficial de la herrumbre cuando se ha finalizado el ensayo en la cámara de niebla salina y por último hacer una comparación de velocidades de

corrosión entre los aceros ASTM A – 500, ASTM A – 500 y el acero HSLA ASTM A 1011 GR 50.

2.4 Fundamentación legal

El reglamento de posgrado de la Universidad Técnica de Ambato, en el Título I muestra el funcionamiento Académico y Administrativo de los Programas de Posgrado que se oferta, en dicho reglamento se norma, regula y además orienta las distintas actividades académicas de los estudios y programas de posgrado. Según la resolución 0109-CU-P-2019, en una parte del artículo 69 resuelve que el trabajo de titulación deberá ser el resultado investigativo, académico o artístico, además en el mismo el estudiante deberá demostrar el manejo de los conocimientos adquiridos durante sus estudios de cuarto nivel en el trayecto de su formación. Entre los objetivos del reglamento de posgrado se indica el garantizar la alta calidad que extienda a la excelencia académica, así como el fortalecimiento de la investigación, formación académica como profesional, además se menciona el desarrollo de investigaciones relacionadas al progreso humano y a un mejor estilo de vida, además de promover la formación de profesionales e investigadores de cuarto nivel con competencias en el estudio de un objeto complejo y multidimensional.

Cabe mencionar que los resultados obtenidos del estudio serán de libre acceso, por lo cual podrán ser utilizados por quien así lo requiera, con especial énfasis en el sector industrial en donde es de gran importancia el poder dotar de un adecuado recubrimiento a los aceros para que estos se encuentren protegidos del medio de corrosión ambiental. Al finalizar el estudio se propone realizar un procedimiento adecuado con la selección del tipo de limpieza superficial que se le puede dar a un metal base junto con el recubrimiento del sistema de pintura adecuado, de manera que se tenga tasas de corrosión mínimas y no afecte la calidad del recubrimiento y disminuya el tiempo de vida útil de los aceros. Esto es de gran importancia no solo para los metalmecánicos sino para la industria en general, observándose que la investigación propuesta está alineada a los objetivos planteados por el reglamento y es pertinente con lo mencionado, por lo cual la misma se sostiene legalmente.

Además el presente trabajo de investigación estará basado en las normas técnicas siguientes:

- Norma ASTM B 117 Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus
- Norma ASTM D 1654 Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments
- Norma ASTM G1 Standard Practice for preparing, Cleaning and Evaluating Corrosion Test.
- Norma ASTM D 610 Standard Test Method for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces
- Norma ASTM D 714 Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints

2.5 Categorías fundamentales

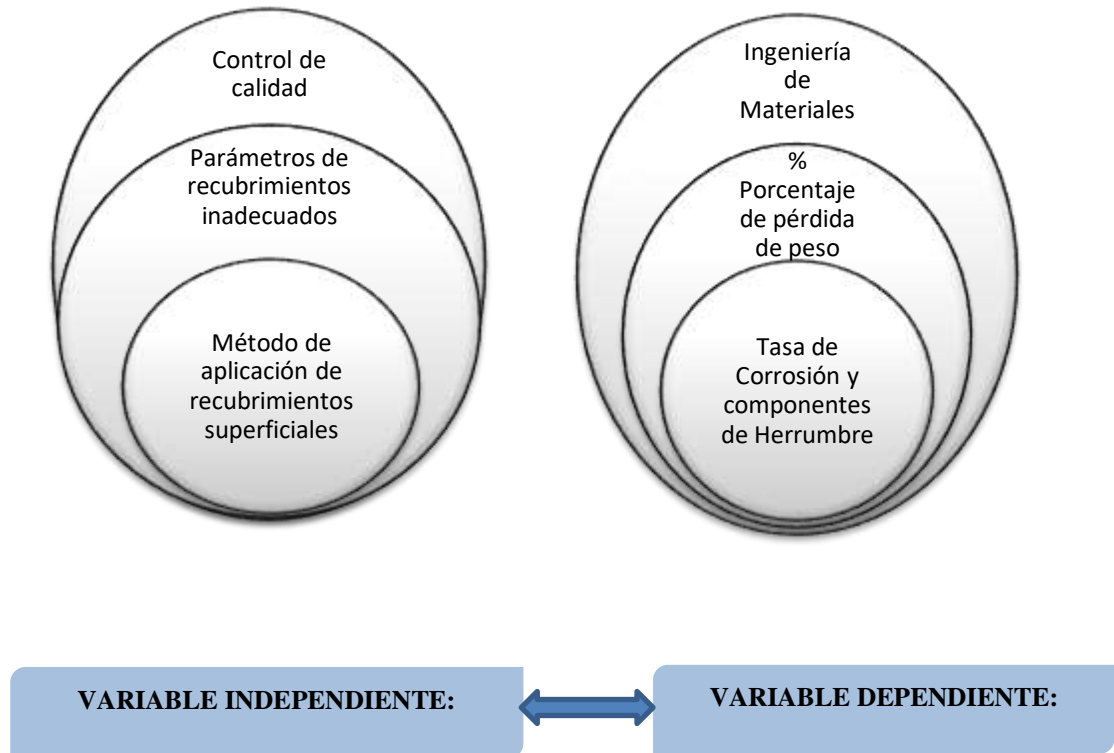


Fig 2.4. Categorías fundamentales

Fuente: Autor

2.6 Hipótesis

Los recubrimientos anticorrosivos y el grado de limpieza superficial aplicados en el acero HSLA ASTM A 1011 GR 50 incidirá en la tasa de corrosión, ante el medio atmosférico que se va a exponer en la cámara de niebla salina.

2.7 Señalamiento de variables

2.7.1 Variable independiente

Aplicación de recubrimientos anticorrosivos al acero de alta resistencia y baja aleación HSLA ASTM A 1011 GR 50.

2.7.2 Variable dependiente

Tasa de corrosión.

2.7.3 Término de relación

Incidencia

CAPÍTULO III

3.1 Enfoque

En la investigación sobre el análisis de los recubrimientos anticorrosivos aplicados al acero de alta resistencia y baja aleación HSLA ASTM A 1011 GR 50, predominará el enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo) debido a que se determinaran los parámetros de:

a.- Enfoque Cuantitativo:

- Tasas de corrosión de los diferentes aceros aplicados dos tipos de recubrimientos anticorrosivos y que serán expuestos a la cámara de niebla salina.
- Datos del ensayo: la solución salina para el equipo (agua destilada + cloruro de sodio), volumen de la solución salina en milímetros por hora (80cm² / 12.4 in²), pH de la solución, número de descripción de la parte de probeta, etc.
- Perfiles de anclaje de preparación de superficie de los aceros ensayados.

b.- Enfoque Cualitativo:

- Se realizarán observaciones diarias del estado de las probetas que se encontrarán expuestas en el ambiente salino.
- Se realizaran observaciones de la morfología las probetas previas y post exposición a ensayo para determinar componentes de la capa de herrumbre formada mediante microscopio SEM.
- Se realizará una inspección visual para determinar el grado de corrosión de los recubrimientos según la norma ASTM D-610 y grado de ampolladuras en los recubrimientos mediante la norma ASTM D - 714.

3.2 Modalidad básica de la investigación

3.2.1 Modalidad documental

Tiene como propósito ampliar y profundizar las diferentes teorías y conceptualizaciones con respecto a corrosión y recubrimientos de los diversos

autores y de revistas científicas reconocidas internacionalmente que han desarrollado artículos técnicos especializados de renombre como por ejemplo Scopus, Sience Direct y que se han referenciado en el capítulo II dentro del estado del arte, de esta manera guiar de forma orientada la investigación con respecto al diseño de experimentos y los correspondientes ensayos a realizar, dando como resultado valores que sean la base de futuras investigaciones y resolviendo el problema que ha sido planteado.

Además se utiliza bibliotecas virtuales que tienen gran información de relevancia sobre el tema de estudio; sin dejar de tomar en cuenta que la información obtenida en lo posible es de máximo 5 años de antigüedad para validación de datos.

3.2.2 Modalidad de campo

Esta investigación tendrá una modalidad de campo debido a que los ensayos se realizarán en los laboratorios del “Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero”, institución que posee el equipo de cámara de niebla salina, el primer paso que se realizará es la caracterización de los materiales para partir de la verificación de los parámetros de la norma ASTM HSLA 1011 y ASTM A – 500, mediante ensayos de tracción y espectrometría y el tipo de investigación es experimental ya que se manipulan en diversos niveles la variable independiente.

Como pre ensayos a realizar son: el ajuste de los parámetros de funcionamiento de cámara de niebla salina: presión de inyección, temperatura de la cuba, temperatura del intercambiador, verificación de condicional ambientales, verificación de la composición de la solución salina respecto a conductividad eléctrica, al pH y a su densidad, una vez establecidos los valores de ensayo se ingresarán las probetas en la cámara y se controlará que el equipo ya en funcionamiento proporcione los parámetros adecuados de presión, caudal y temperatura dentro de la cuba como ensayos cuasi-experimentales.

3.3 Nivel o tipo de investigación

3.3.1 Experimental

Según la intervención del investigador el ensayo que se va a realizar consiste en manipular la variable independiente, es decir aplicar a tres tipos de materiales, dos

tipos de limpieza superficial de manera que la superficie quede completamente limpia sin rastro de presencia de grasas e impurezas, de acuerdo a la norma SSPC SP 3 para limpieza mecánica y SSPC 5 para limpieza mediante chorro abrasivo, dos tipos de recubrimientos anticorrosivo que cumplan los espesores recomendados que son 5 mils para primera capa y de 2 mils para capa final en el sistema epóxico y en el sistema sintético de 1,5 mils y el tiempo de exposición en el ambiente salino (200, 280, 380 y 480 horas), al final poder determinar cuál es la menor tasa corrosión en la gama de probetas ensayadas, con este método predecir las pérdidas de espesor que puede tener el acero en un cierto intervalo de tiempo. Posteriormente evaluarlas en los laboratorios de la universidad mediante microscopio SEM para determinación de su morfología. Es necesario tomar en cuenta que las variables contaminantes fueron controladas por los pre y cuasi experimentos hasta el experimento final.

3.3.2 Prospectivo

El tipo de investigación en la que se enmarca el ensayo es prospectivo, debido a la planificación de toma de datos que deberán ser recogidos durante el ensayo, según propósitos de la investigación.

3.3.3 Longitudinal

La investigación es del tipo longitudinal ya que la tasa de corrosión será evaluada en 4 intervalos de tiempo de exposición a la cámara de niebla salina, con el objetivo de realizar comparaciones entre las muestras relacionadas y ver cómo se va afectando el sustrato con respecto del material base, por lo que se realiza una comparación cuantitativa mediante pérdida de masa, para cada una de las probetas.

3.3.4 Analítica

Esta investigación es analítica ya que busca la comparación numérica y analítica de la única variable de interés que en este caso es la variable dependiente “Tasa de corrosión”.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

Son todos los materiales a analizar HSLA 1011 Gr-50, ASTM A – 500 y ASTM A500 Galvanizado, que han sido aplicados los recubrimientos con sistemas de pintura diferentes, como: 1.- Primer sistema de recubrimiento es un fondo anticorrosivo de WESCO, denominado ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC, cuyo espesor en seco no debe ser menor a 38 micras y el segundo sistema de recubrimiento es un bi-capa epóxico y poliuretano: Primera capa de HEMPADUR MASTIC 45881 cuyo espesor en seco debe mantenerse por encima de 125 micras (5 mils), segunda capa: HEMPATHANE TOPCOAT 55210 con un espesor de no menor a 50 micras (2 mils) en seco.

3.4.2 Muestra

Para el análisis de la investigación la muestra será probabilística bajo juicio que se basará en el diseño experimental debido al análisis combinatorio de interacción de los factores o variables controlables que se encuentran fijados a un nivel dado, teniendo una influencia directa en los resultados esperados y las variables no controlables en la operación normal del experimento, variables que pueden observarse en la Figura 3.1.

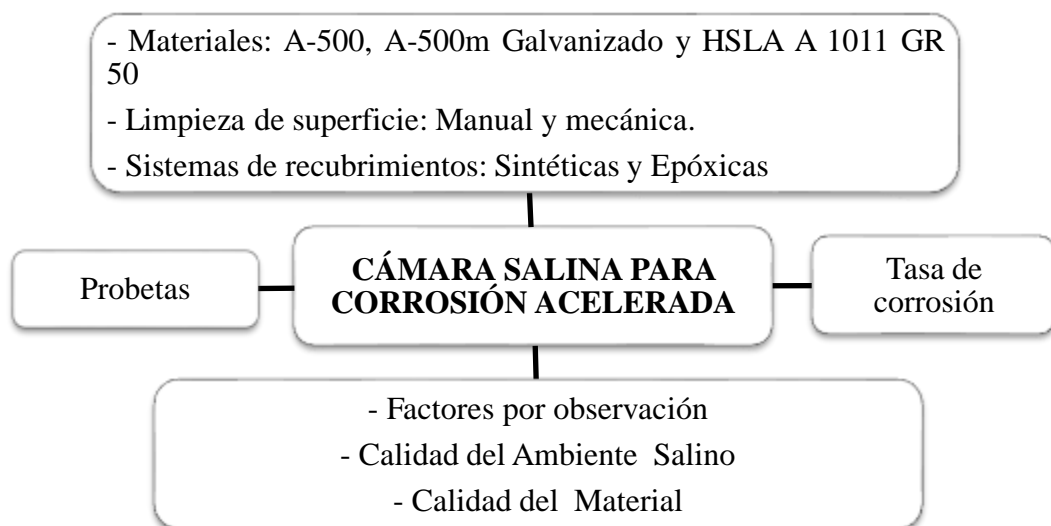


Fig 3.1.- Diagrama de Proceso

Fuente: Autor

a.- Matriz de análisis de variables.-

Como variable del ensayo se tiene la presencia de los tres tipos de materiales (M1: Acero ASTM HSLA 1011 GR 50), (M2: Acero ASTM A – 500); y (M3: Acero ASTM A – 500 Galvanizado). Los niveles que se combinarán son: limpieza de superficie (LS1: Manuales mecánicas SP3) y (LS2: Con Chorro Abrasivo SP5); También se tiene los sistemas de recubrimientos (SR1: Pintura Anticorrosiva) y (SR2: Pintura Epóxica + Poliuretano), en la Tabla 3.1 se indica la distribución del ensayo en función de las variables.

De acuerdo a la norma ASTM B 117, especifica que el tipo y número de especímenes de prueba que se utilizarán, así como los criterios para la evaluación de los resultados de las pruebas, se definirán en las especificaciones que cubran el material o producto expuesto o se acordarán mutuamente entre el comprador y el vendedor, por esta razón se va a realizar una repetitividad de 4 probetas por sistema utilizado, en la Tabla 3.1 se muestra resultando de la matriz de variables:

Tabla 3.1.- Tabla de matriz de variables

	ACERO HSLA 1011 GR50		ACERO ASTM A-500		ACERO ASTM A- 500 GAL	
	NIVEL: LS1	NIVEL: LS2	NIVEL : LS1	NIVEL: LS2	NIVEL: LS1	NIVEL: LS2
NIVEL: SR1	4	4	4	4	4	4
NIVEL: SR2	4	4	4	4	4	4

Fuente: Autor

Por lo tanto se tendrá un análisis factorial completo desbalanceado de 3 x 2 x 2 x 4 = 48. Items a ensayar. Haciendo la distribución por el método de DOE se tiene la combinación de interacción que se muestra en el Anexo 3, adicional se tomará en cuenta los tiempos a ensayar para verificación de tasa de corrosión (200, 280, 380, 480 horas).

3.5.- Operacionalización de las variables

3.5.1 Variable independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍNDICE	TÉCNICA E INSTRUMENTO
<p>- Método de aplicación de recubrimientos superficiales</p> <p>La primera consideración en relación con la limpieza superficial es que para recubrir una superficie metálica, la superficie tiene que estar limpia de un sinnúmero de elementos extraños que existen sobre ella procedentes de cada una de las operaciones anteriores o de la propia vida en servicio del material. [25]</p>	<p>- Limpieza Superficial</p> <p>- Recubrimiento</p>	<p>- SSPC SP 3 (rugosidad)</p> <p>- SSPC SP 5 Perfil de Anclaje (rugosidad)</p> <p>- Medición de espesores en seco</p> <p>- Prueba de adherencia</p>	<p>- 0 mills</p> <p>- 2 – 4 mills</p> <p>- Anticorrosivo Stop mate Cromato de zinc 25 – 38 micras</p> <p>- HEMPADUR MASTIC 45881: 125 micras [5 mils]</p> <p>HEMPATHAN E TOPCOAT 55210: 50 micras [2 mils]</p> <p>- 1500 psi</p>	<p>- Medición de perfil de anclaje.</p> <p>- Medidor Perfil de Superficie DF-TX-TX * con Cinta Textes TX-Coarse y Tx-Xcoarse</p> <p>- Ultrasonido: Elcometer 456</p> <p>- Ensayo destructivo</p> <p>- Elcometer 106/6 Adhesion Tester for Coatings</p>

3.5.2 Variable dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍNDICE	TÉCNICA E INSTRUMENTO
<p>Tasa de Corrosión y componentes de Herrumbre</p> <p>Las técnicas gravimétricas consisten en obtener una medida directa de la velocidad de corrosión pesando al inicio y al final de la exposición la muestra metálica una vez que se han eliminado los productos de corrosión. [26]</p>	<p>- Tasa de Corrosión</p> <p>- Productos de corrosión.</p>	<p>- Tasa de corrosión.</p> <p>- Composición de herrumbre</p>	<p>- 0,275 mm/año</p> <p>- Lepidocrita</p> <p>- Goetita</p> <p>- Feroxihiita</p> <p>- Akaganeita</p> <p>- Magnetita</p>	<p>- Toma de datos</p> <p>- Balanza</p> <p>- Cámara de niebla salina</p> <p>- Observación de Campo</p> <p>- Microscopio SEM</p>

3.6.- Recolección de la información

Con el afán de alcanzar los objetivos propuestos de la investigación los datos que se recolectarán están en base a los métodos siguientes:

3.6.1.- Documental

Constituye la técnica de recolección de datos más básica y a la vez más inexacta que corresponden a los estudios realizados anteriormente, en la Figura 3.2 se observa que la información recolectada puede tener distintos fines con respecto a la investigación en curso.

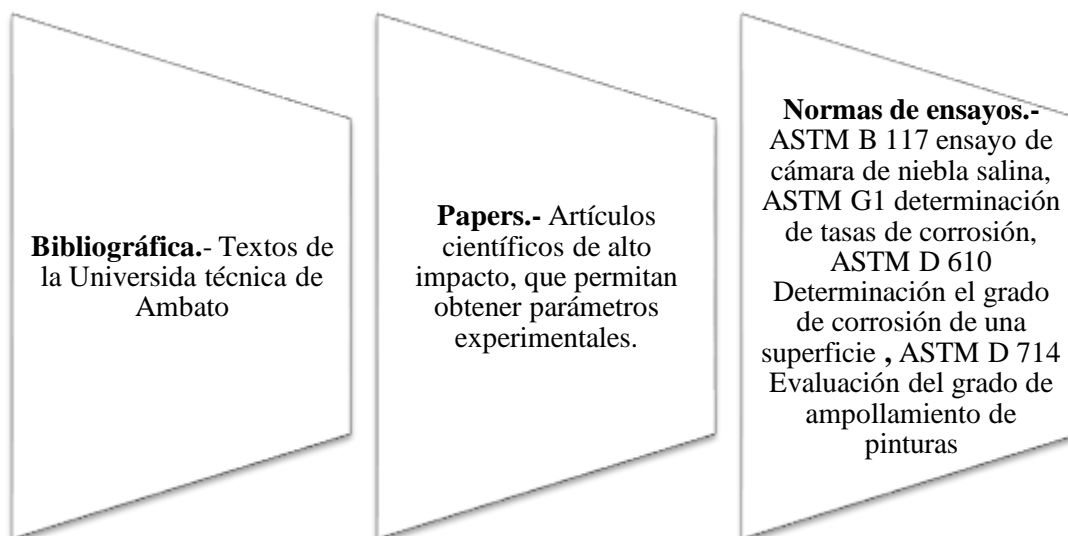


Fig 3.2.- Recolección de información documental

Fuente: Autor

3.6.2.- Observación

a.- Caracterización de material mediante ensayos destructivos:

- **Ensayo a tracción.-** Las muestras se obtienen del material de acuerdo a las dimensiones establecidas en la norma ASTM E-8, para probetas planas con espesores menores a 6 mm. (Anexo 4 Plano de probeta de ensayo a tracción). El tipo de corte que se realiza a la probeta es mediante electro erosión con las siguientes parámetros: Amperaje: 2 A; Velocidad: 110 Hz; Voltaje de alta frecuencia: 80 V.

- **Ensayo de espectrometría.**- Se aplicará directo en la superficie del material, obteniendo resultados de composición química para verificación de acuerdo a especificaciones establecidas en las normas HSLA 1011, A -500.

Los resultados se detallarán en los formatos respectivos y permitirán verificar que son los materiales específicos para desarrollar el ensayo de CNS.

b.- Obtención de las probetas:

- Las probetas se obtendrán mediante el proceso de corte por disco abrasivo, teniendo como restricciones las dimensiones de ancho del perfil utilizado como es el tubo cuadrado de (50 x 50 x 2) mm. Por lo que las dimensiones establecidas se muestran en la figura 3.3:

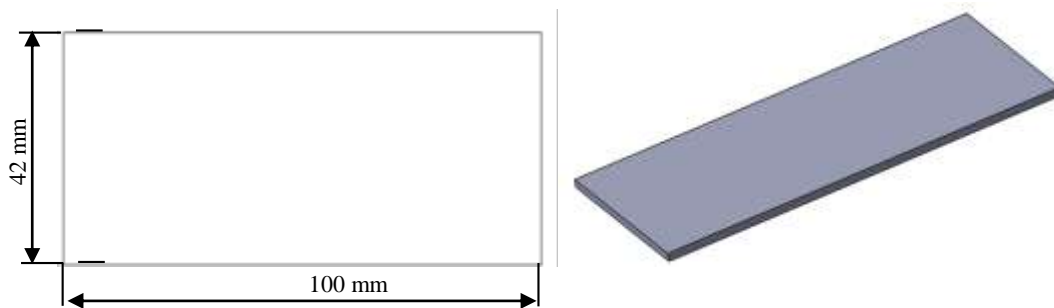


Fig 3.3.- Dimensiones de probetas

Fuente: Autor

Como control de calidad se realizará una inspección visual de las probetas cortadas y se aceptarán aquellas que poseen las dimensiones establecidas caso contrario se rechazarán. Se tomarán los datos de las dimensiones de la probeta.

c.- Identificación de probetas:

- Las probetas se identifican de acuerdo a la tabla de “Combinación de interacción entre factores y niveles **Anexo 3**”, tomando en cuenta el valor de repetitividad de 4 probetas y se registrarán de acuerdo a la ubicación que se le dará en la cámara de niebla salina.

d.- Preparación de la superficie de la probeta

- De acuerdo a lo establecido en la investigación se tiene:

Limpieza de superficie 1.- Formato de limpieza para SP 3

Limpieza de superficie 2. – Formato de limpieza para SP 5 (Perfil de anclaje de superficie)

e.- Aplicación del sistema de recubrimiento anticorrosivo a probetas

Sistema pintura sintética y sistema de pintura epóxica:

- Medición de pintura en seco
- Prueba de Adherencia

f.- Determinación de propiedades físicas de probetas:

- Los datos a registrar son: peso de las probetas al inicio y al final del ensayo, con equipo de medición adecuado que es la balanza analítica de sensibilidad 0,005 g Jadever Snug III y dimensiones de probetas mediante utilización de Calibrador Pie de rey.

g.- Ensayo de probetas en Cámara Salina

De acuerdo con la norma ASTM B 117 para desarrollo del análisis en niebla salina se registrará la siguiente información:

- Tipo de sal y agua utilizada en la preparación de la solución salina.
- Lecturas de temperatura dentro de la zona de exposición de la cámara.
- Registros diarios de los datos obtenidos de cada dispositivo, incluidos los siguientes: Volumen de solución salina recolectada en milímetros por hora por 80 cm² (12.4 in²), gravedad específica a 35°C de la solución recolectada, pH de la solución.

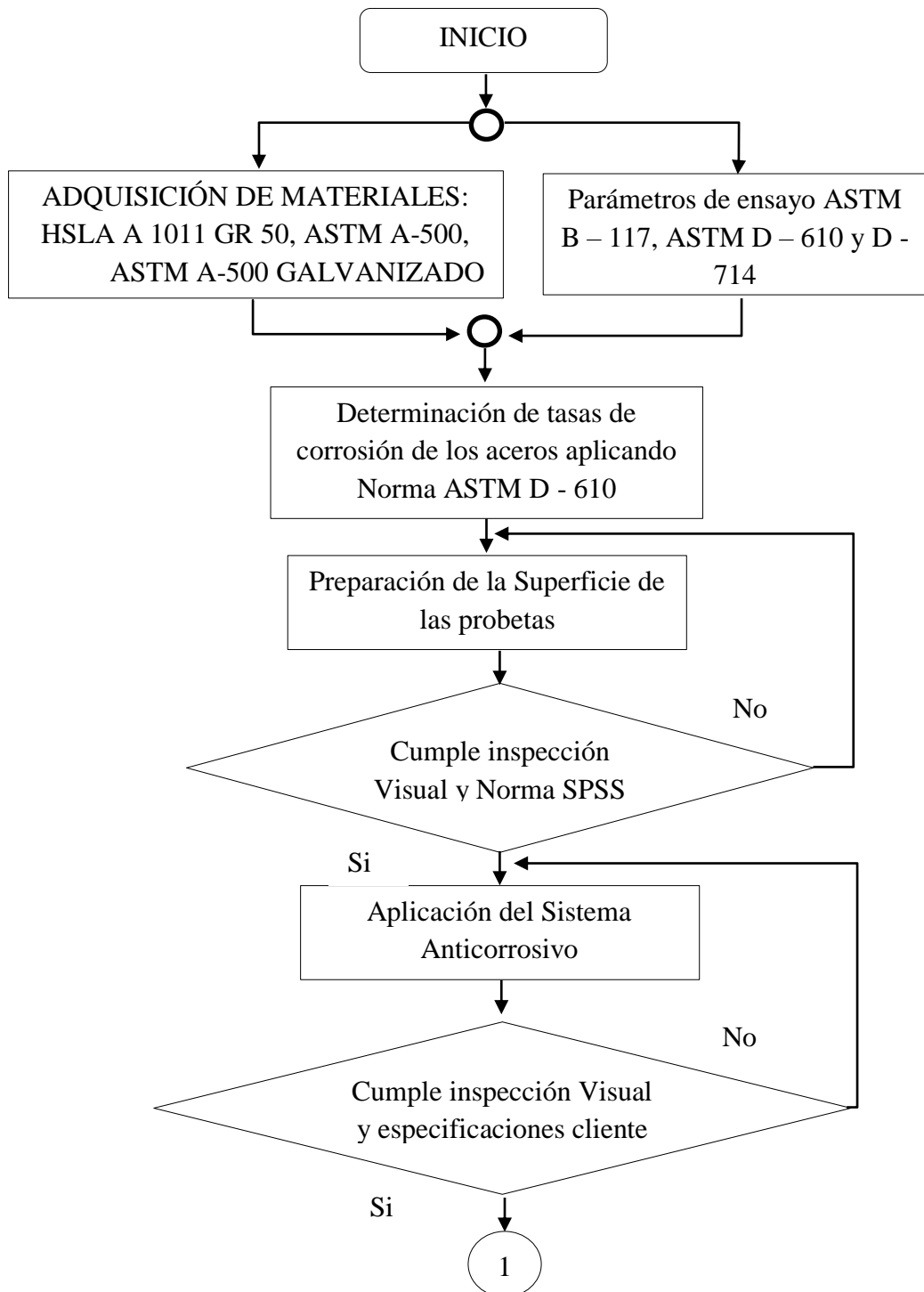
h.- Ensayo mediante microscopio SEM (microscopio electrónico de barrido)

Se desarrollará un ensayo metalográfico y mediante formato de la Universidad Técnica de Ambato Facultad Ing. Civil y Mecánica se registrará la evaluación de micro-estructura y la capa de herrumbre formada por el efecto de corrosión.

3.7.- PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Una vez obtenidos estos datos prácticos se tabulará según variables de la investigación, graficando estadísticamente las tasas de corrosión de las probetas

expuestas al ensayo, tomando en cuenta los tipos de materiales utilizados como son el acero HSLA 1011 GR 50, acero ASTM A – 500 y el acero ASTM A – 500 galvanizado, el sistema de limpieza de superficie realizado y el recubrimiento aplicado, interpretando cual ha demostrado ser el sistema más eficaz en cuanto a protección, de esta manera validar la hipótesis y cumplir con los objetivos específicos de la investigación, por lo que se guiará en el diagrama de flujo de la Figura 3.4.



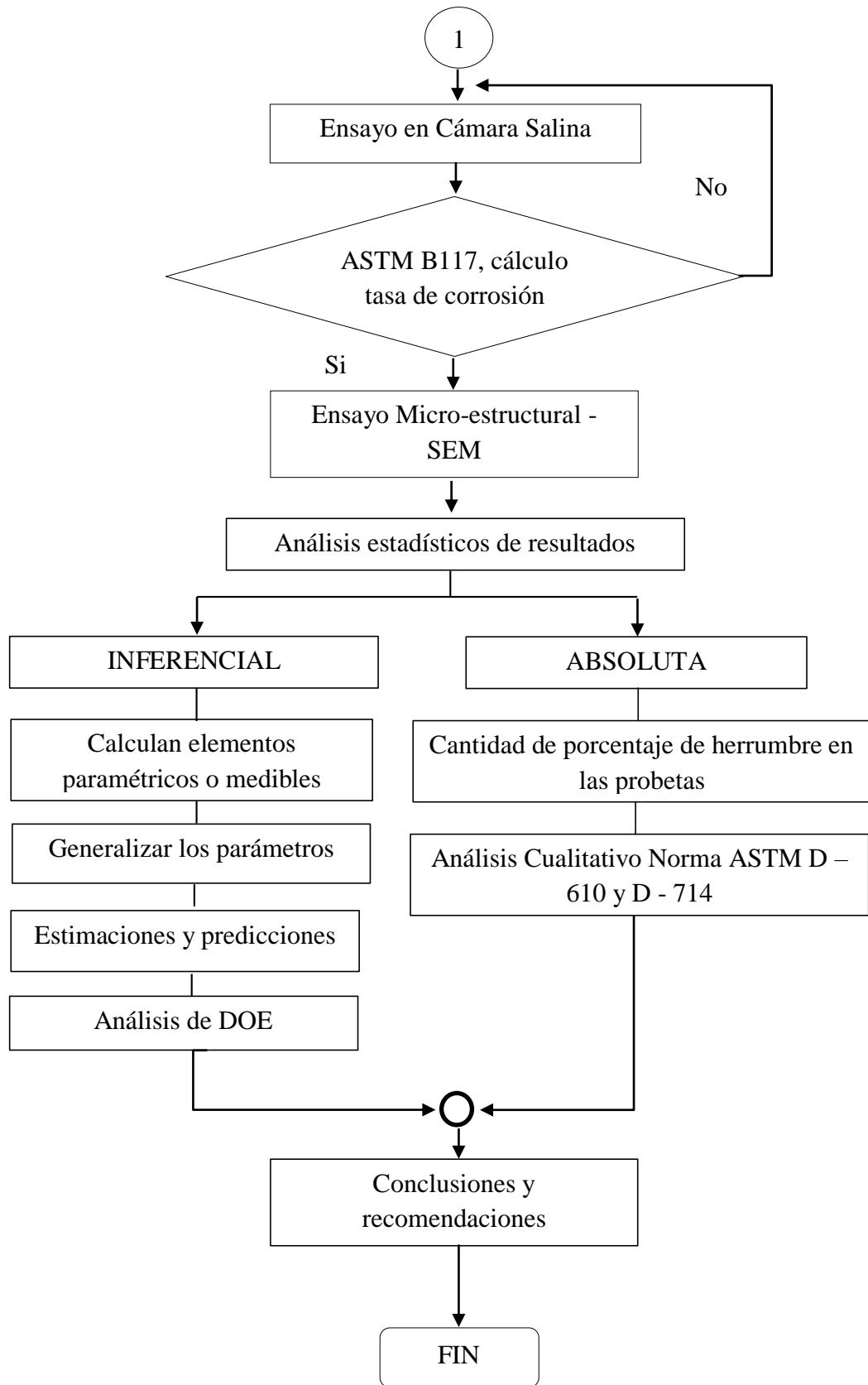





Fig 3.4.- Flujograma de procesamiento y análisis

Fuente: Autor

3.8.- Obtención de la materia prima

Los materiales fueron adquiridos a las empresas que se encuentran en el mercado local, cuyos certificados de calidad garantizan que los materiales han sido fabricados bajo las normas establecidas (Anexo 5), para este caso la Norma ASTM A 1011 y la norma ASTM A -500, en la tabla 3.2 se presentan las especificaciones respectivas para el acero HSLA 1011 Gr - 50.

Tabla 3.2.- Reporte de especificaciones técnicas del acero HSLA 1011 GR-50



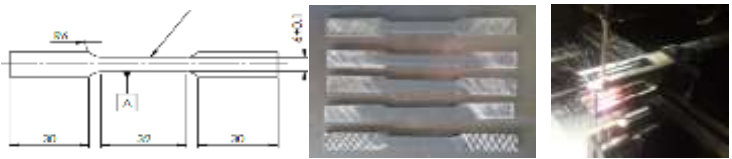

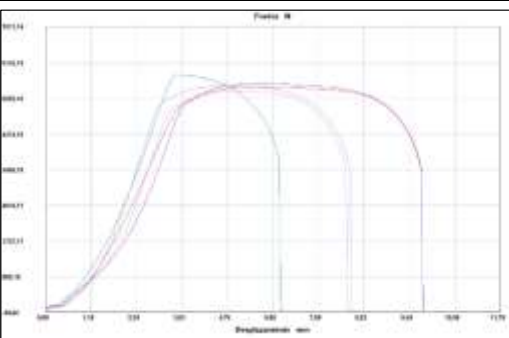
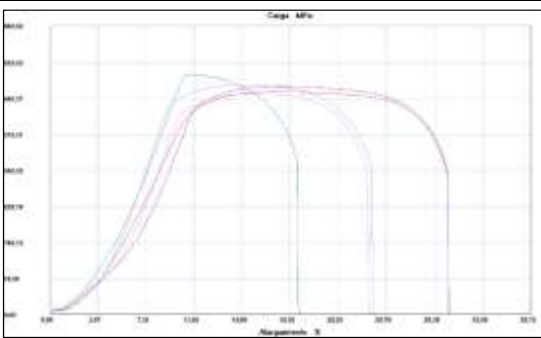
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
TIPO DE ESTUDIO:		Especificación del Material				
TIPO DE PRUEBA		IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 1		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS						
NOMBRE:	ACERO ASTM HSLA 1011	TIPO DE ALEACIÓN:	N/A	TRAT. TÉRMICO:	N/A	
GRADO:	50	LARGO:	6000 (mm)	ANCHO:	50 (mm)	
ESPESOR:	2 (mm)	RECUBRIMIENTO:	Magnelis			
COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MATERIAL:						
NORMA:	% CARBONO (C)	% MANGANESO (Mn)	% FÓSFORO (P)	% SILICIO (Si)	% AZUFRE (S)	
J1	0,23 max.	1,35 max.	0,04 max.	... max.	0,04 max.	
	% COBRE (Cu)	% NIQUEL (Ni)	% CROMO (Cr)	% MOLIBDENO (Mo)	% VANADIO (V)	
	0,2	0,2	0,15	0,06	0,01	
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL MATERIAL:						
NORMA:	ESFUERZO DE TRACCIÓN Sut Mín:	ESFUERZO DE FLUENCIA Sy Mín:	RESISTENCIA A LA ROTURA	% DE ELONGACIÓN	TEMPERATURA	
JIS	450 [Mpa]	340 [MPa]	... [Mpa]	22 mín.	... °C	
REGISTRO FOTOGRÁFICO:						
						
OBSERVACIONES:						
Esta designación se la considera de acuerdo a las especificaciones provistas por el fabricante cuyos datos se muestran en el Anexo I y los datos son obtenidos de la norma ASTM 1011 para aceros estructurales						

Fuente: Autor

3.9.- Caracterización de los materiales

3.9.1.- Ensayo a Tracción del Acero ASTM HSLA 1011 Gr 50 y ASTM A -500

Tabla 3.3.- Resultados del ensayo a tracción del acero HSLA 1011 GR-50

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA									
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017									
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO								
TIPO DE PRUEBA:	ENSAYO A TRACCIÓN	Revisión: 01	Pag: 1 de 1							
ESPECIFICACIONES GENERALES										
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA									
NORMA DEL ENSAYO:	ASME E-8	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana					
EQUIPO UTILIZADO:	Máquina Universal Metrotest 50KN, Modelo MTE 50		VELOCIDAD ENSAYO:	10 mm/min	PRECARGA: 50KN					
PARÁMETROS DE ENSAYO A TRACCIÓN										
PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Corte por electro-erosión	NORMA APLICADA:	ASME E-8	MATERIAL:	HSLA 1011 GR-50					
LARGO DE CALIBRACIÓN:	25 mm	ESPESOR:	2 mm	ANCHO DE PROBETA:	6 mm					
			Parámetros de Corte:							
			Amperaje: 2 Amps	Velocidad: 110 Hz	Voltaje de alta frecuencia: 85					
RESULTADOS OBTENIDOS										
# Probeta	Dimensiones mm		Longitud Inicial (mm)	Longitud final (mm)	Fuerza de fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la tracción	Límite de Fluencia (Mpa)	Resistencia a la Rotura (Mpa)	% Elongación (Calculado)
	Ancho	Espesor								
1	5,87	2,03	25	34,402	4993,76	4326,35	464,89	419,08	363,07	37,61
2	5,78	2,02	25	30,902	5823,68	4143,32	500,41	498,77	354,87	23,68
3	5,82	2,03	25	34,52	5143,65	4108,61	476,1	435,36	347,76	38,08
4	5,76	2,02	25	32,521	5154,69	4425,75	478,69	443,03	380,38	30,08
5	5,81	2,03	25	32,571	4900,67	4100,72	460,73	415,51	347,69	30,28
		PROMEDIO X			5203,29	4220,95	476,164	442,354	358,754	31,946
		DESVIACIÓN ESTANDAR Sn-1			362,727	146,76	15,49	33,529	13,644	6,005
		COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV			6,97	3,48	3,25	7,58	3,8	18,8
GRÁFICO RESULTANTE ESFUERZO DEFORMACIÓN										
										
OBSERVACIONES:										
En base a los resultados obtenidos y correlacionando con las tablas de la norma ASTM 1011 se considera a este material como un acero HSLA 1011 - GR 50										

Fuente: Autor

3.9.2.- Ensayo a Tracción del Acero ASTM A – 500

Tabla 3.4.- Resultados del ensayo a tracción del acero ASTM A-500



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017

TIPO DE ESTUDIO: PRUEBA DE LABORATORIO

TIPO DE PRUEBA ENSAYO A TRACCIÓN

Revisión: 01

Pag: 1 de 1

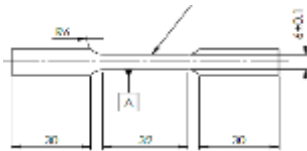


ESPECIFICACIONES GENERALES

LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DEL CFPMC DEL H.G.P. TUNGURAHUA				
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM E-8	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana
EQUIPO UTILIZADO:	Máquina Universal Metrotest 50KN, Modelo MTE 50	VELOCIDAD ENSAYO:	10 mm/min	PRECARGA:	50KN

PARÁMETROS DE ENSAYO A TRACCIÓN

PREPARACIÓN DE LA GEOMETRÍA:	Corte por electro-erosión	NORMA APLICADA:	ASTM E-8	MATERIAL:	ASTM A-500 Gr:A
LARGO DE CALIBRACIÓN:	25 mm	ESPESOR:	2 mm	ANCHO DE PROBETA:	6 mm



Parámetros de Corte:

Amperaje: 2 Amps
Velocidad: 110 Hz
Voltaje de alta frecuencia: 85

RESULTADOS OBTENIDOS

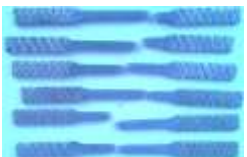
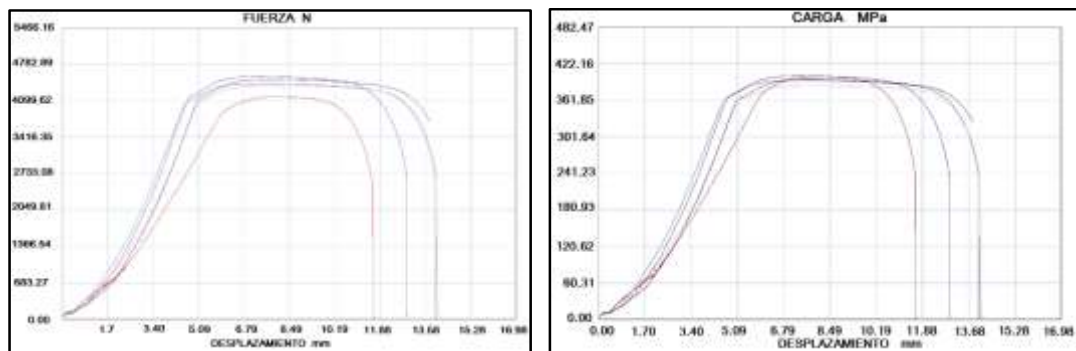
# Probeta	Dimensiones mm		Longitud Inicial (mm)	Longitud final (mm)	Fuerza de fluencia (N)	Fuerza de rotura (N)	Resistencia a la tracción	Límite de Fluencia (Mpa)	Resistencia a la Rotura (Mpa)	% Elongación (Calculado)
	Ancho	Espesor								
1	5,36	1,94	25	36,256	3827,23	2754,85	401,19	369,02	264,93	45,02
2	5,76	1,94	25	38,897	4054,96	3389,13	395,36	362,88	303,29	55,59
3	5,84	1,94	25	37,467	4163,83	3543,75	402,06	367,52	312,79	49,87
4	5,83	1,95	25	38,875	4024,98	2994,68	385,69	354,05	263,42	55,5
5	5,83	1,95	25	38,746	4135,43	3711	395,96	363,76	326,43	54,98
			PROMEDIO X		4041,29	3278,68	396,05	363,45	294,17	52,19
			DESVIACIÓN ESTANDAR Sn-1		132,43	395,10	6,53	5,84	28,60	4,67
			COEFICIENTE DE VARIACIÓN CV							

GRÁFICO RESULTANTE ESFUERZO DEFORMACIÓN



OBSERVACIONES:

En base a los resultados obtenidos y correlacionando con las tablas de la norma ASTM A-500 se considera a este material como un acero ASTM A - 500 Gr:B, Cuyo Tensile strenght es de 400 Mpa; su Yield strenght es de 290 Mpa

Fuente: Autor

3.10.- Ensayo metalográfico

3.10.1.- Ensayo Metalográfico del Acero HSLA 1011 Gr: 50, ASTM A-500 y ASTM A-500 Galvanizado

La microestructura del acero HSLA 1011 Gr-50 en su sección longitudinal se muestra en el Anexo 6, las cuales fueron observadas en el microscópico óptico, donde en la ampliación de 400 X se puede apreciar claramente los límites de los granos y en donde se aprecia las dos fases predominantes de este tipo de material que son Ferrita y Perlita, siendo la ferrita la parte más clara y la perlita la parte más oscura. No es posible observar el resto de componentes debido a que son aceros micro-aleados que en total de elementos micro-aleantes generalmente se encuentra en menos de 0,15%. De igual manera se realiza con el acero ASTM A – 500 y ASTM A – 500 Galvanizado presentándose como fases predominantes la Ferrita y Perlita. El ensayo se realiza bajo la norma ASTM B-112, para esta investigación se realiza siete ensayos de microestructura cuyos resultados se indica en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5.- Resultados de Metalografía de los aceros analizados

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA		TIPO DE ESTUDIO: PRUEBA DE LABORATORIO		
TIPO DE PRUEBA		ENSAYO METALOGRÁFICO		Revisión: 01 Pag: 1 de 1		
ESPECIFICACIONES GENERALES						
LUGAR DE EJECUCIÓN: LABORATORIO DE METALOGRAFÍA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
NORMA DEL ENSAYO: ASTM E112		TIPO DE ENSAYO: Cuantitativo		TIPO DE PROBETA: Plana		
EQUIPO UTILIZADO: Microscopio Vanguard N267521; luz fluorescente			MAGNIFICACIÓN: 40 - 400 X		FILTRO: 4 Colores	
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO						
ACONDICIONAMIENTO DE SUPERFICIE: Pulido mecánico		Temperatura de pulido: 24 °C		SUPERFICIE PREPARADA EN: Lija: 240, 320, 400, 600 y 1500		
ATAQUE QUÍMICO DE SUP. CON: Nital 4		TIEMPO DE ATAQUE: 8 segundos		T. DE DURACIÓN DEL ENSAYO: 25 min		
RESULTADOS						
MATERIAL	N. Pobeta	% C	% Perlita	% Ferrita	Dureza Brinell	Resistencia a la Tracción
HSLA 1011 Gr-50	1	0,223%	27,20%	72,80%	130,8 HB	65,40 Ksi
	2	0,221%	27,00%	73,00%	130,5 HB	62,25 Ksi
	3	0,217%	26,50%	73,50%	129,75 HB	64,87 Ksi
	4	0,214%	26,10%	73,90%	129,15 HB	64,57 Ksi
	5	0,206%	25,00%	75,00%	127,5 HB	63,75 Ksi
Promedio		0,216%	26,36%	73,64%	128,94 HB	64,168 Ksi
ASTM A - 500	1	0,289%	36,20%	63,80%	144,30 HB	72,15 Ksi
ASTM A - 500 GALV	1	0,251%	31,10%	68,90%	136,65 HB	68,325 Ksi

Fuente: Autor

3.11.- Clasificación de probetas


De acuerdo al análisis se tiene la siguiente distribución para el ensayo, de manera que se pueda visualizar la variación de la corrosión a diferentes intervalos de tiempo en la cámara de niebla salina. Estos intervalos se seleccionaron de acuerdo a la norma del material y del producto. Se encuentran en las Tablas 3.6 hasta la 3.9.

Tabla 3.6.- Ubicación de probetas para el tiempo de análisis a 200 horas

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO	Revisión: 01		Pag: 1 de 1
	ENSAYO	CÁMARA DE NIEBLA SALINA: 01	HORAS DE EXPOSICIÓN:		200 h
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	CENTRO DE FOMENTO METALMECÁNICO CARROCERO				
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM B 117	TIPO DE ENSAYO:	CORROSIÓN ACELERADA	TIPO DE PROBETA:	RECTANGULAR
LARGO:	100 mm	ANCHO:	42 mm	ESPESOR:	2 mm
DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS					
MATERIAL 1:	HSLA ASTM A 1011 GR-50	MATERIAL 2:	ASTM A - 500	MATERIAL 3:	ASTM A - 500 GALVANIZADO
SISTEMA DE LIMPIEZA 1: SL1		SSPC SP-3	SISTEMA DE LIMPIEZA 2: SL2		SSPC SP-5
SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 1: SR1		Pintura Anticorrosiva	SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 2: SR2		Pintura Epóxica + Poliuretano
REGISTRO DE DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS					
PERÍODO DE TIEMPO: 200 HORAS 		PERÍODO DE TIEMPO: 200 HORAS 		PERÍODO DE TIEMPO: 200 HORAS 	
					


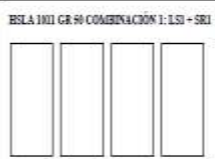

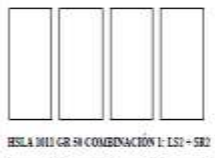


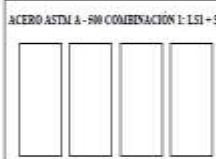
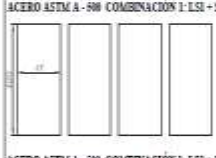
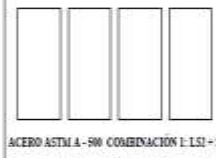







Fuente: Autor

Tabla 3.7.- Ubicación de probetas para el tiempo de análisis a 280 horas

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO	Revisión: 01	Pag: 1 de 1		
	ENSAYO	CÁMARA DE NIEBLA SALINA: 02	HORAS DE EXPOSICIÓN:	280 h		
ESPECIFICACIONES GENERALES						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	CENTRO DE FOMENTO METALMECÁNICO CARROCERO					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM B - 117	TIPO DE ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA	TIPO DE PROBETA:	RECTANGULAR	
LARGO:	100 mm	ANCHO:	42 mm	ESPESOR:	2 mm	
DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS						
MATERIAL 1:	HSLA ASTM A 1011 GR-50	MATERIAL 2:	ASTM A - 500	MATERIAL 3:	ASTM A - 500 GALVANIZADO	
SISTEMA DE LIMPIEZA 1: SL1		SSPC SP-3	SISTEMA DE LIMPIEZA 2: SL2		SSPC SP-5	
SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 1: SR1		Pintura Sintética	SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 2: SR2		Pintura Epóxica	
REGISTRO FOTOGRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS						
PERÍODO DE TIEMPO: 288 HORAS HSLA 1011 GR-50 COMBINACIÓN 1: LS1 - SR1  HSLA 1011 GR-50 COMBINACIÓN 1: LS1 - SR2  HSLA 1011 GR-50 COMBINACIÓN 1: LS2 - SR1  HSLA 1011 GR-50 COMBINACIÓN 1: LS2 - SR2  HSLA 1011 GR-50 SIN RECUBRIMIENTO 		PERÍODO DE TIEMPO: 288 HORAS ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: LS1 - SR1  ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: LS1 - SR2  ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: LS2 - SR1  ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: LS2 - SR2  ACERO ASTM A - 500 SIN RECUBRIMIENTO 		PERÍODO DE TIEMPO: 288 HORAS ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: LS1 - SR1  ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: LS1 - SR2  ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: LS2 - SR1  ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: LS2 - SR2  ACERO ASTM A - 500 G SIN RECUBRIMIENTO 		

Fuente: Autor

Tabla 3.8.- Ubicación de probetas para el tiempo de análisis de 380 horas

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO	Revisión: 01	Pag: 1 de 1		
	ENSAYO	CÁMARA DE NIEBLA SALINA: 03	HORAS DE EXPOSICIÓN:	380 h		
ESPECIFICACIONES GENERALES						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	CENTRO DE FOMENTO METALMECÁNICO CARROCERO					
NORMA DEL ENSAYO:	NTE INEN - 9227	TIPO DE ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA	TIPO DE PROBETA:	RECTANGULAR	
LARGO:	100 mm	ANCHO:	42 mm	ESPESOR:	2 mm	
DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS						
MATERIAL 1:	HSLA ASTM A 1011 GR-50	MATERIAL 2:	ASTM A - 500	MATERIAL 3:	ASTM A - 500 GALVANIZADO	
SISTEMA DE LIMPIEZA 1: SL1		SSPC SP-3	SISTEMA DE LIMPIEZA 2: SL2		SSPC SP-5	
SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 1: SR1		Pintura Anticorrosiva	SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 2: SR2		Pintura Epóxica + Poliuretano	
REGISTRO FOTOGRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS						
PERÍODO DE TIEMPO: 384 HORAS HSLA 1011 GR-50 COMBINACIÓN 1: LS1 - SR1  HSLA 1011 GR-50 COMBINACIÓN 1: LS1 - SR2  HSLA 1011 GR-50 COMBINACIÓN 1: LS2 - SR1  HSLA 1011 GR-50 COMBINACIÓN 1: LS2 - SR2  HSLA 1011 GR-50 SIN RECUBRIMIENTO 		PERÍODO DE TIEMPO: 384 HORAS ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: LS1 - SR1  ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: LS1 - SR2  ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: LS2 - SR1  ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: LS2 - SR2  ACERO ASTM A - 500 SIN RECUBRIMIENTO 		PERÍODO DE TIEMPO: 384 HORAS ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: LS1 - SR1  ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: LS1 - SR2  ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: LS2 - SR1  ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: LS2 - SR2  ACERO ASTM A - 500 G SIN RECUBRIMIENTO 		

Fuente: Autor

Tabla 3.9- Ubicación de probetas para el tiempo de análisis a 480 horas

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																								
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017																								
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO	Revisión: 01		Pag: 1 de 1																				
	ENSAYO	CÁMARA DE NIEBLA SALINA: 04	HORAS DE EXPOSICIÓN:		480 h																				
ESPECIFICACIONES GENERALES																									
LUGAR DE EJECUCIÓN:	CENTRO DE FOMENTO METALMECÁNICO CARROCERO																								
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM B - 117	TIPO DE ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA	TIPO DE PROBETA:	RECTANGULAR																				
LARGO:	100 mm	ANCHO:	42 mm	ESPESOR:	2 mm																				
DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS																									
MATERIAL 1:	HSLA ASTM A 1011 GR-50	MATERIAL 2:	ASTM A - 500	MATERIAL 3:	ASTM A - 500 GALVANIZADO																				
SISTEMA DE LIMPIEZA 1: SL1		SSPC SP-3	SISTEMA DE LIMPIEZA 2: SL2		SSPC SP-5																				
SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 1: SR1		Pintura Anticorrosiva	SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 2: SR2		Pintura Epóxica + Poliuretano																				
REGISTRO FOTOGRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">PERÍODO DE TIEMPO: 480 HORAS</th> <th style="width: 33%;">PERÍODO DE TIEMPO: 480 HORAS</th> <th style="width: 33%;">PERÍODO DE TIEMPO: 480 HORAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">HSLA 1011 GR 50 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1</td> <td style="text-align: center;">ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1</td> <td style="text-align: center;">ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: L51 - SR1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">HSLA 1011 GR 50 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1</td> <td style="text-align: center;">ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1</td> <td style="text-align: center;">ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: L51 - SR1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">HSLA 1011 GR 50 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1</td> <td style="text-align: center;">ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1</td> <td style="text-align: center;">ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: L51 - SR1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">HSLA 1011 GR 50 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1</td> <td style="text-align: center;">ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1</td> <td style="text-align: center;">ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: L51 - SR1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">HSLA 1011 GR 50 SIN RECUBRIMIENTO</td> <td style="text-align: center;">ACERO ASTM A - 500 SIN RECUBRIMIENTO</td> <td style="text-align: center;">ACERO ASTM A - 500 G SIN RECUBRIMIENTO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">HSLA 1011 GR 50 SIN RECUBRIMIENTO</td> <td style="text-align: center;">ACERO ASTM A - 500 SIN RECUBRIMIENTO</td> <td style="text-align: center;">ACERO ASTM A - 500 G SIN RECUBRIMIENTO</td> </tr> </tbody> </table>					PERÍODO DE TIEMPO: 480 HORAS	PERÍODO DE TIEMPO: 480 HORAS	PERÍODO DE TIEMPO: 480 HORAS	HSLA 1011 GR 50 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	HSLA 1011 GR 50 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	HSLA 1011 GR 50 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	HSLA 1011 GR 50 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	HSLA 1011 GR 50 SIN RECUBRIMIENTO	ACERO ASTM A - 500 SIN RECUBRIMIENTO	ACERO ASTM A - 500 G SIN RECUBRIMIENTO	HSLA 1011 GR 50 SIN RECUBRIMIENTO	ACERO ASTM A - 500 SIN RECUBRIMIENTO	ACERO ASTM A - 500 G SIN RECUBRIMIENTO
PERÍODO DE TIEMPO: 480 HORAS	PERÍODO DE TIEMPO: 480 HORAS	PERÍODO DE TIEMPO: 480 HORAS																							
HSLA 1011 GR 50 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: L51 - SR1																							
HSLA 1011 GR 50 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: L51 - SR1																							
HSLA 1011 GR 50 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: L51 - SR1																							
HSLA 1011 GR 50 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	ACERO ASTM A - 500 COMBINACIÓN 1: L51 - SR1	ACERO ASTM A - 500 G COMBINACIÓN 1: L51 - SR1																							
HSLA 1011 GR 50 SIN RECUBRIMIENTO	ACERO ASTM A - 500 SIN RECUBRIMIENTO	ACERO ASTM A - 500 G SIN RECUBRIMIENTO																							
HSLA 1011 GR 50 SIN RECUBRIMIENTO	ACERO ASTM A - 500 SIN RECUBRIMIENTO	ACERO ASTM A - 500 G SIN RECUBRIMIENTO																							
																									

Fuente: Autor

Adicional se va a analizar la corrosión en juntas soldadas a tope y a filete por lo tanto la distribución del ensayo se desarrolló de la siguiente manera: tres tipos de materiales (M1: Acero ASTM A – 500), (M2: Acero ASTM HSLA A 1011 GR 50) y M3: Acero ASTM A – 500 GALVANIZADO). Los niveles que se combinarán

son: soldadura (SF: Soldadura a filete) y (ST: Soldadura a tope); También se tiene los sistemas de recubrimientos (SR1: Pintura Anticorrosiva) y (SR2: Pintura Epóxica + Poliuretano), en la Tabla 3.10 se indica la distribución del ensayo en función de las variables a ensayar.

Tabla 3.10.- Tabla de matriz de variables

	ACERO ASTM A-500		ACERO HSLA 1011 GR50		ACERO ASTM A- 500 GALV.	
	NIVE L: SF	NIVE L: ST	NIVEL: SF	NIVEL: ST	NIVEL: SF	NIVEL: ST
NIVEL: SR1	4	4	4	4	4	4
NIVEL: SR2	4	4	4	4	4	4

Fuente: Autor

Por lo tanto se tendrá un análisis factorial de $3 \times 2 \times 2 \times 2 = 24$ Items a ensayar. Haciendo la distribución por el método DOE factorial se tiene la siguiente combinación de interacción, mostrada en la Tabla 3.11:

Tabla 3.11.- Combinación de interacción entre factores y niveles




TIPO DE ACERO	LIMPIEZA DE SUPERFICIE	SISTEMA DE RECUBRIMIENTO
ASTM A - 500	SF	SR1
ASTM A - 500	SF	SR2
ASTM A - 500	ST	SR1
ASTM A - 500	ST	SR2
HSLA 1011 GR - 50	SF	SR1
HSLA 1011 GR - 50	SF	SR2
HSLA 1011 GR - 50	ST	SR1
HSLA 1011 GR - 50	ST	SR2
ASTM A – 500 GAL	SF	SR1
ASTM A – 500 GAL	SF	SR2
ASTM A – 500 GAL	ST	SR1
ASTM A – 500 GAL	ST	SR2

Fuente: Autor

3.11.1.- Clasificación de las Muestras soldadas a filete y tope





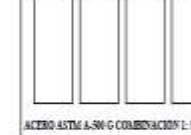


De acuerdo al análisis realizado por DOE se tiene la siguiente distribución para el ensayo. La variación que se puede encontrar es el tiempo de ensayo ya que para este caso solo se manejan 280 horas y 480 horas de exposición a cámara de niebla salina. La distribución se la puede observar en las Tablas 3.12 y la 3.13.

Tabla 3.12.- Ubicación de probetas soldadas para el tiempo de análisis de 280 h.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO	Revisión: 01		Pag: 1 de 1
	ENSAYO	CÁMARA DE NIEBLA SALINA: 05	HORAS DE EXPOSICIÓN:		280 h
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	CENTRO DE FOMENTO METALMECÁNICO CARROCERO				
NORMA DEL ENSAYO:		TIPO DE ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA	TIPO DE PROBETA:	RECTANGULAR / PERPENDICULAR
LARGO:	100 mm	ANCHO:	42 mm	ESPESOR:	2 mm
DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS					
MATERIAL 1:	HSLA ASTM A 1011 GR-50	MATERIAL 2:	ASTM A - 500	MATERIAL 3:	ASTM A - 500 GALVANIZADO
TIPO DE JUNTA 01: SF	SOLDADURA A FILETE		TIPO DE JUNTA 02: ST	SOLDADURA A TOPE	
SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 1: SR1	Pintura Aticorrosiva	SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 2: SR2	Pintura Epóxica + Poliuretano		
REGISTRO FOTOGRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS					
PERÍODO DE TIEMPO: 288 HORAS HSLA 1011 GR 50 COMBINACION 1: SF + SR1 HSLA 1011 GR 50 COMBINACION 1: SF + SR2 HSLA 1011 GR 50 COMBINACION 1: ST + SR1 HSLA 1011 GR 50 COMBINACION 1: ST + SR2 HSLA 1011 GR 50 SIN RECUBRIMIENTO SF HSLA 1011 GR 50 SIN RECUBRIMIENTO ST		PERÍODO DE TIEMPO: 288 HORAS ACERO ASTM A-500 COMBINACION 1: SF + SR1 ACERO ASTM A-500 COMBINACION 1: SF + SR2 ACERO ASTM A-500 COMBINACION 1: ST + SR1 ACERO ASTM A-500 COMBINACION 1: ST + SR2 ACERO ASTM A-500 SIN RECUBRIMIENTO SF ACERO ASTM A-500 SIN RECUBRIMIENTO ST		PERÍODO DE TIEMPO: 288 HORAS ACERO ASTM A-500 G COMBINACION 1: SF + SR1 ACERO ASTM A-500 G COMBINACION 1: SF + SR2 ACERO ASTM A-500 G COMBINACION 1: ST + SR1 ACERO ASTM A-500 G COMBINACION 1: ST + SR2 ACERO ASTM A-500 G SIN RECUBRIMIENTO SF ACERO ASTM A-500 G SIN RECUBRIMIENTO ST	
					

Fuente: Autor

Tabla 3.13.- Ubicación de probetas soldadas para el tiempo de análisis de 480 h.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO	Revisión: 01	Pag: 1 de 1		
	ENSAYO	CÁMARA DE NIEBLA SALINA: 06	HORAS DE EXPOSICIÓN:	480 h		
ESPECIFICACIONES GENERALES						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	CENTRO DE FOMENTO METALMECÁNICO CARROCERO					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM B - 117	TIPO DE ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA	TIPO DE PROBETA:	RECTANGULAR / PERPENDICULAR	
LARGO:	100 mm	ANCHO:	42 mm	ESPESOR:	2 mm	
DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS						
MATERIAL 1:	HSLA ASTM A 1011 GR-50	MATERIAL 2:	ASTM A - 500	MATERIAL 3:	ASTM A - 500 GALVANIZADO	
TIPO DE JUNTA 01: SF	SOLDADURA A FILETE		TIPO DE JUNTA 02: ST	SOLDADURA A TOPE		
SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 1: SR1	Pintura Anticorrosivo	SISTEMA DE RECUBRIMIENTO 2: SR2	Pintura Epóxica + Poliuretano			
REGISTRO FOTOGRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS						
PERÍODO DE TIEMPO: 480 HORAS HSLA 1011 GR 50 COMBINACIÓN 1: SF + SR1  HSLA 1011 GR 50 COMBINACIÓN 1: SF + SR2  HSLA 1011 GR 50 COMBINACIÓN 1: ST + SR1  HSLA 1011 GR 50 COMBINACIÓN 1: ST + SR2  HSLA 1011 GR 50 SIN RECUBRIMIENTO SF  HSLA 1011 GR 50 SIN RECUBRIMIENTO ST 		PERÍODO DE TIEMPO: 480 HORAS ACERO ASTM A-500 COMBINACIÓN 1: SF + SR1  ACERO ASTM A-500 COMBINACIÓN 1: SF + SR2  ACERO ASTM A-500 COMBINACIÓN 1: ST + SR1  ACERO ASTM A-500 COMBINACIÓN 1: ST + SR2  ACERO ASTM A-500 SIN RECUBRIMIENTO SF  ACERO ASTM A-500 SIN RECUBRIMIENTO ST 		PERÍODO DE TIEMPO: 480 HORAS ACERO ASTM A-500 G COMBINACIÓN 1: SF + SR1  ACERO ASTM A-500 G COMBINACIÓN 1: SF + SR2  ACERO ASTM A-500 G COMBINACIÓN 1: ST + SR1  ACERO ASTM A-500 G COMBINACIÓN 1: ST + SR2  ACERO ASTM A-500 G SIN RECUBRIMIENTO SF  ACERO ASTM A-500 G SIN RECUBRIMIENTO ST 		

Fuente: Autor

3.12.- Preparación superficial de probetas

3.12.1.- Limpieza superficial 1.- SSPC SP – 3

La superficie de las probetas para limpieza manual-eléctrica se la realizó utilizando herramientas eléctricas amoladora, cepillo manual y lija para eliminar impurezas, tales como: residuos de soldaduras, oxidación y otras incrustaciones. Este método puede no desprender completamente todas las incrustaciones que estén adheridas a la superficie y su procedimiento se lo describe en el diagrama de flujo de la Figura 3.5, la información se detalla en la Tabla 3.14.

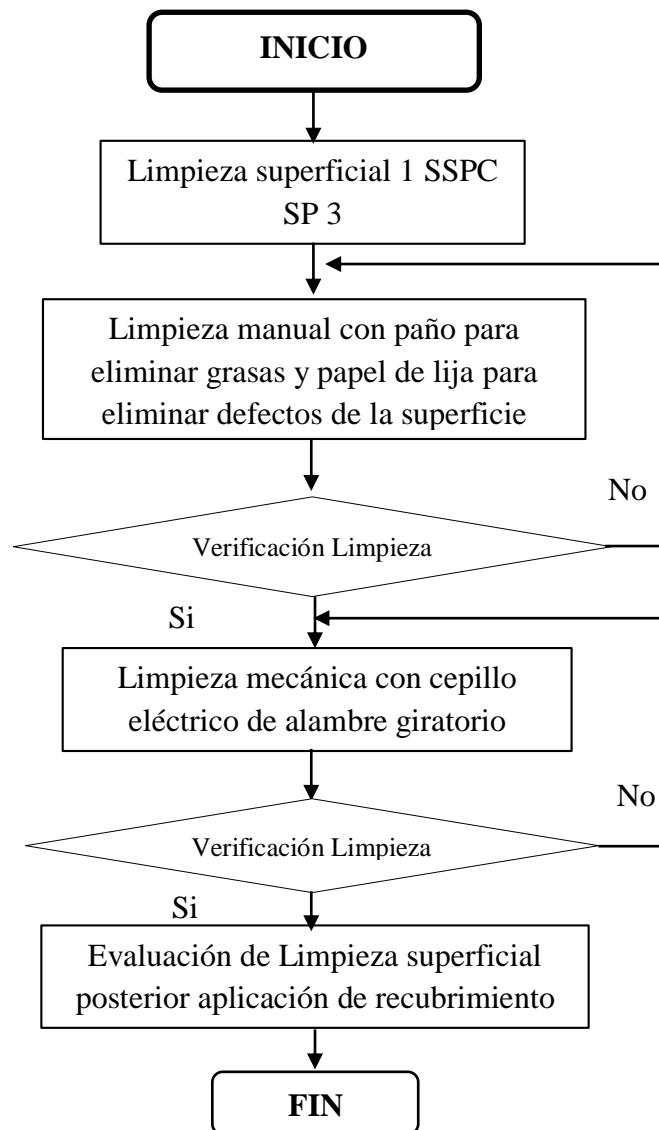


Fig 3.5.- Diagrama Limpieza Superficial SSPC SP - 3

Fuente: Autor

Tabla 3.14.- Limpieza de superficie de probetas mediante SSPC SP-3.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA											
		MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017											
		TIPO DE ESTUDIO:					PRUEBA DE LABORATORIO						
		TIPO DE PRUEBA		ENSAYO A TRACCIÓN			Revisión: 01		Pag: 1 de 1				
CONDICIONES CLIMÁTICAS											PREPARACIÓN DE SUPERFICIE		
Día N: 01	HORA										Completa: X	Puntual:	
	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00			
Temperatura Ambiente °C		27,00	31,70	29,40	33,70	33,90	31,40	31,20	31,00		TIPO DE PREPARACIÓN		
Temperatura Superficial °C		28,90	34,40	33,20	34,50	38,20	36,30	36,20	34,20		Mecánica:	Manual: X	
% de Humedad Relativa		81,60	84,00	72,00	60,00	60,00	65,40	65,30	63,10		ESPECIFICACIÓN SSPC: SP 3		
Punto de Rocío °C		23,50	24,00	23,90	24,40	24,50	24,50	24,30	24,10		ABRASIVO:	N/A	
Dif. T. Sup. Y Punto R. °C		5,40	10,40	9,30	10,10	13,70	11,80	11,90	10,10		PERFIL:	N/A	
CONDICION CLIMÁTICA		S	S	S	S	S	S	S	S				
PARÁMETROS													
NÚMERO DE PROBETAS:	96			NORMA APLICADA:	SSPC SP- 3		NÚMERO DE PASES	2					
MATERIAL 1:	HSLA 1011 GR-50			MATERIAL 2:	ASTM A-500		MATERIAL 3:	ASTM A-500 GAL.					
RESULTADOS OBTENIDOS													
DESCRIPCIÓN				RESULTADO				OBSERVACIONES					
PERFIL DE ANCLAJE LOTE 1: A. HSLA 1011 GR-50				N/A				Superficie limpia OK					
PERFIL DE ANCLAJE LOTE 2: ASTM A - 500				N/A				Superficie limpia OK					
PERFIL DE ANCLAJE LOTE 3: ASTM A - 500 GAL				N/A				Superficie limpia OK					
REGISTRO FOGRAFICO													
Elementos de limpieza			Proceso de limpieza				Probetas terminadas						
													
OBSERVACIONES:													
Verificado mediante inspección visual se da por aceptado la preparación de las probetas por el método de limpieza SSPS SP-3													

Fuente: Autor

3.12.2.- Limpieza superficial 1.- SSPC SP – 5

Consiste una limpieza de la superficie del 100% libre de grasa, aceite, polvo, cascarilla de laminación, óxido o cualquier otro contaminante, de manera que el acabado debe presentar un color gris claro uniforme denominado como metal blanco, para ello se ha utilizado el formato de la Tabla 3.15.

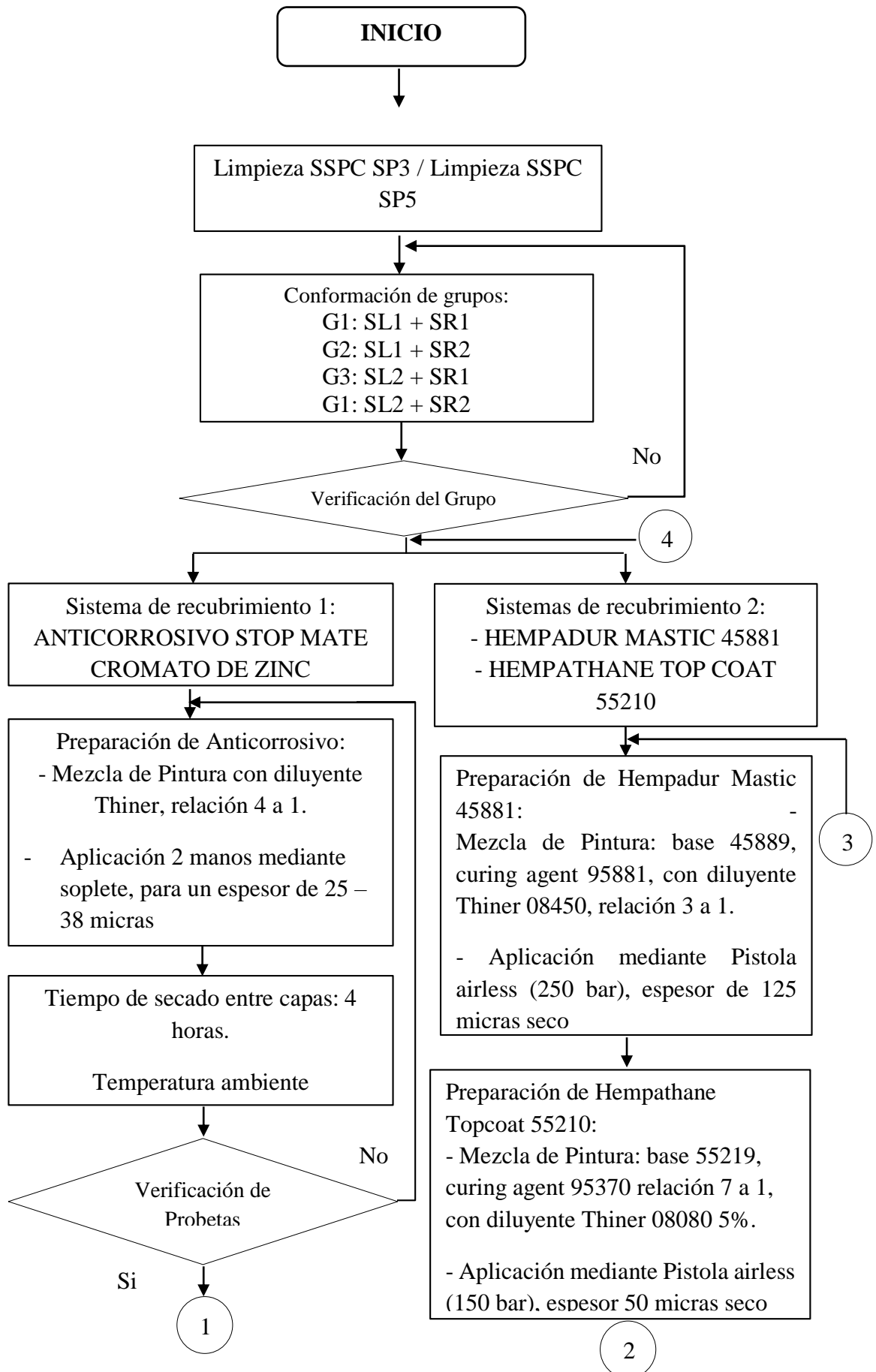
Tabla 3.15.- Determinación de perfil de anclaje de probetas sand blasteadas.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																
		MAESTRÍA: MECÁNICA					MENCIÓN: DISEÑO							CORTE: TERCERA				
		TIPO DE ESTUDIO:					PRUEBA DE LABORATORIO											
		TIPO DE PRUEBA:					ENSAYO A TRACCIÓN							Revisión: 01					Pag: 1 de 1
CONDICIONES CLIMÁTICAS												PREPARACIÓN DE SUPERFICIE						
Día N: 01	HORA										Completa: X	Puntual:						
	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00								
Temperatura Ambiente °C		24,00	27,10	30,30	29,10	30,10	30,70	33,10	33,70		TIPO DE PREPARACIÓN							
Temperatura Superficial °C		29,50	31,90	34,20	34,10	33,50	34,50	40,00	38,80									
% de Humedad Relativa		84,00	83,80	74,70	76,60	75,10	75,90	53,50	57,10		Mecánica: X	Manual:						
Punto de Rocío °C		23,60	24,30	24,80	24,40	25,40	25,90	24,00	24,20		ESPECIFICACIÓN SSPC: SP 5							
Dif. T. Sup. Y Punto R. °C		5,90	7,60	9,40	9,70	8,10	8,60	16,00	14,60		ABRASIVO:	Mineral 1,5 mm						
CONDICION CLIMÁTICA		S	S	S	S	S	S	S	S		PERFIL:	2 a 4 mills						
PARÁMETROS																		
NÚMERO DE PROBETAS:	96				NORMA APLICADA:	SSPC SP- 5				NUMERO DE PASES:	1							
MATERIAL 1:	HSLA 1011 GR-50				MATERIAL 2:	ASTM A-500				MATERIAL 3:	ASTM A-500 GAL.							
RESULTADOS OBTENIDOS																		
DESCRIPCIÓN				RESULTADO				OBSERVACIONES										
PERFIL DE ANCLAJE LOTE 1: A. HSLA 1011 GR-50				3,2 mills				Superficie blanca OK										
PERFIL DE ANCLAJE LOTE 2: ASTM A - 500				3,4 mills				Superficie blanca OK										
PERFIL DE ANCLAJE LOTE 3: ASTM A - 500 GAL				3,1 mills				Superficie blanca OK										
REGISTRO FOGRAFICO																		
Probetas sand blasteadas				Probetas sand blasteadas				Medición										
																		
OBSERVACIONES:																		
Verificado con las cintas el perfil de anclaje se da por aceptado la preparación de las probetas por el método de limpieza SSPS SP-5																		

Fuente: Autor

3.13.- Aplicación de recubrimientos

La aplicación de los dos tipos de recubrimientos a cada probeta se la realizará por grupos de acuerdo a la distribución de DOE realizada anteriormente. Se seguirá el siguiente procedimiento descrito en el diagrama de flujo mostrado en la Figura 3.6.



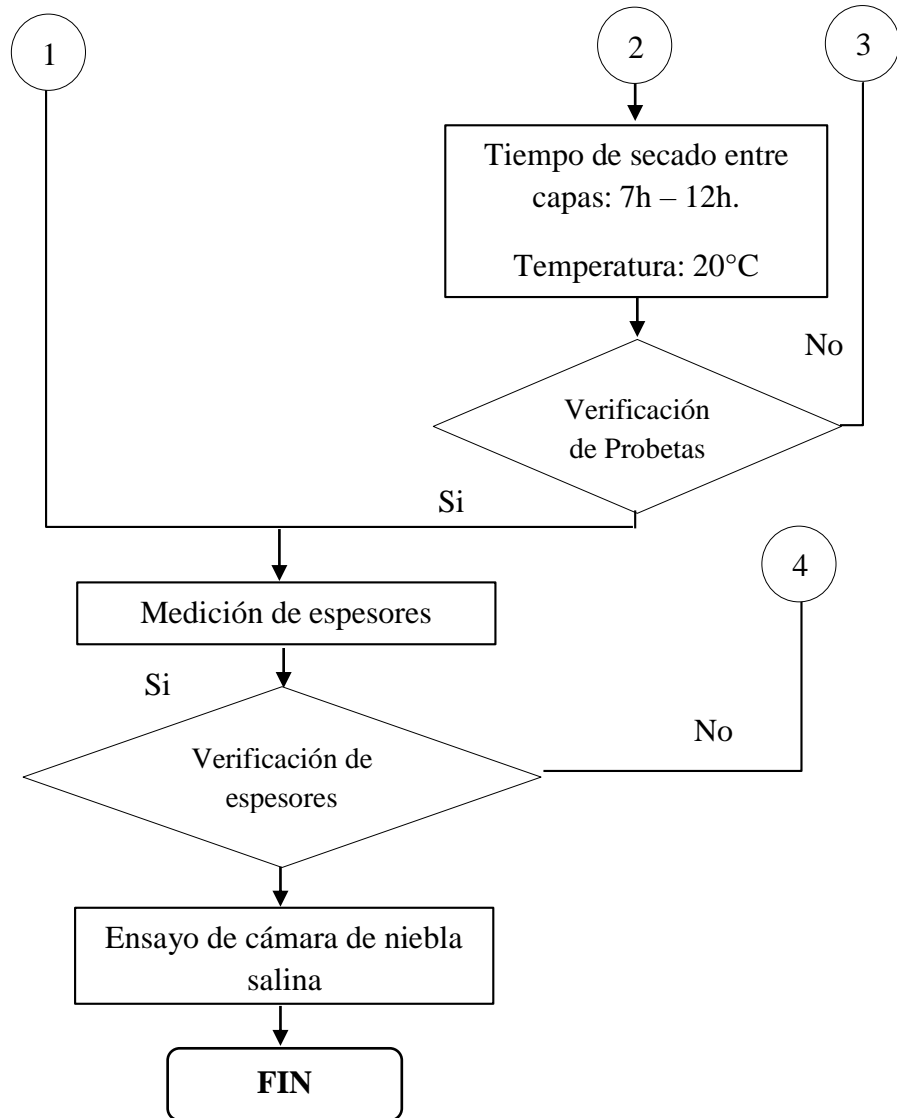


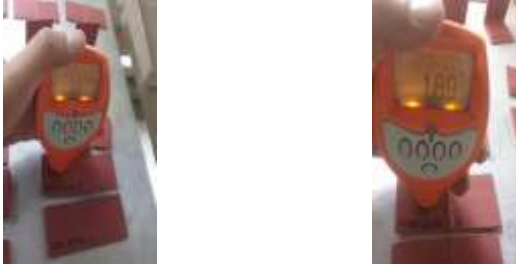


Fig 3.6.- Diagrama de aplicación de recubrimientos
Fuente: Autor

3.13.1- Inspección de espesores de recubrimientos



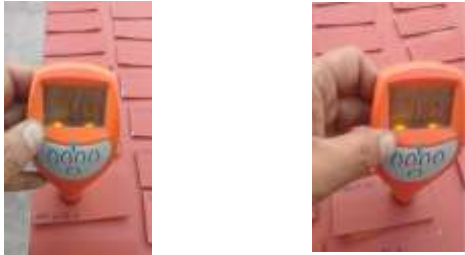
Los resultados de la toma de espesores en seco de cada una de las capas aplicadas a las probetas se muestran en la Tabla 3.16 hasta la Tabla 3.19; donde resulta su valor promedio por encima del recomendado en las especificaciones técnicas del fabricante, por lo que se da por aprobado las capas.

Tabla 3.16.- Determinación de espesores en las capas de recubrimientos aplicados al material base, para 200 horas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017									
		TIPO DE ESTUDIO:		MEDICIONES DE CAMPO PROBETAS PLANAS							
		TIPO DE PRUEBA		CUANTITATIVA		Revisión: 01		Pag: 1 de 1			
MEDICIÓN DE ESPESORES EN SECO (mils)											
EQUIPO:	MEDIDOR DE ESPESORES	MARCA:	ELCOMETER	MODELO:	456	RANGO:	0 - 1500 um				
APLICACIÓN DE PINTURA											
RECUBRIMIENTO	PINTURA	TIPO DE PINTURA	ENVASE	THINER	ESPESOR PREAPLICADO	MEDICIONES		METODO DE APLICACIÓN	OBSERVACIONES		
						HUMEDO	SECO				
SR1	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	Resina y pigmentos	414 rojo óxido	Corriente	0,00		38 um	Soplete	OK		
SR2: CAPA 1	Hempadur Mastic 45881	EPÓXICA	base 45889; curing agent 95881	8450	0,00		125 micras	airless	OK		
SR2: CAPA 2	Hemphathane Topcoat 55210	Poliuretano	base 55219, curing agent 95370	08080 5%.	125 micras		50 micras	airless	OK		
DATOS OBTENIDOS PARA 200 HORAS											
HSLA 1011 GR - 50				ASTM A - 500			ASTM A - 500 GALVANIZADO				
GRUPO	PROBETA	VALOR (mils)		GRUPO	PROBETA	VALOR (mils)		GRUPO	PROBETA	VALOR (mils)	
SL1 + SR1	1	1,91		SL1 + SR1	1	1,73		SL1 + SR1	1	1,80	
	2	1,94			2	1,87			2	1,84	
	3	1,59			3	1,80			3	1,81	
	4	1,89			4	1,76			4	1,84	
SL1 + SR2	1	6,1	2,47	SL1 + SR2	1	5,6	2,1	SL1 + SR2	1	5,47	2,6
	2	5,8	2,1		2	5,5	2,2		2	5,67	2,4
	3	5,6	2,4		3	5,8	2,4		3	5,4	2,4
	4	6,1	2,33		4	5,7	2,3		4	6,4	2,8
SL2 + SR1	1	1,58		SL2 + SR1	1	1,88		SL2 + SR1	1	1,87	
	2	2,02			2	1,6			2	2,17	
	3	1,53			3	1,54			3	1,84	
	4	1,77			4	1,6			4	2,07	
SL2 + SR2	1	6	2,7	SL2 + SR2	1	5,3	2,8	SL2 + SR2	1	5,6	2,1
	2	5,6	2,1		2	5,2	2,6		2	5,4	2,5
	3	6,3	2		3	5,83	2,3		3	5,5	2,57
	4	5,5	2,6		4	5,9	2,5		4	5,3	2,5
PROM: SR 1		1,80		PROM: SR2 CAPA 1		5,69		PROM: SR2 CAPA 2		2,41	
REGISTRO FOTOGRÁFICO											
											
OBSERVACIONES											
De acuerdo a las recomendaciones establecidas en las hojas de especificaciones técnicas de los recubrimientos cumplen con los espesores recomendados: Hempadur Mastic 45881: espesor recomendado 5 mils; Hemphathane Topcoat 552101: espesor recomendado 2 mils; STOP MATE CROMATO DE ZINC: espesor recomendado 1,5 mils; por lo que se dá por aprobado el recubrimiento.											




Fuente: Autor

Tabla 3.17.- Determinación de espesores en las capas de recubrimientos aplicados al material base, para 280 horas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017									
		TIPO DE ESTUDIO: MEDICIONES DE CAMPO PROBETAS PLANAS				Revisión: 01					
		TIPO DE PRUEBA:		CUANTITATIVA		Pag: 1 de 1					
MEDICIÓN DE ESPESORES EN SECO (mils)											
EQUIPO:	MEDIDOR DE ESPESORES	MARCA:	ELCOMETER	MODELO	456	RANGO:	0 - 1500 um				
APLICACIÓN DE PINTURA											
RECUBRIMIENTO	PINTURA	TIPO DE PINTURA	ENVASE	THINER	ESPESOR PREAPLICADO	MEDICIONES		METODO DE APLICACIÓN	OBSERVACIONES		
						HUMEDO	SECO				
SR1	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	Resina y pigmentos	414 rojo óxido	Corriente	0,00		38 um	Soplete	OK		
SR2: CAPA 1	Hempadur Mastic 45881	EPÓXICA	base 45889; curing agent 95881	8450	0,00		125 micras	airless	OK		
SR2: CAPA 2	Hempathane Topcoat 55210	Poliuretano	base 55219, curing agent 95370	08080 5%.	125 micras		50 micras	airless	OK		
DATOS OBTENIDOS PARA 280 HORAS											
HSLA 1011 GR - 50				ASTM A - 500			ASTM A - 500 GALVANIZADO				
GRUPO	PROBETA	VALOR		GRUPO	PROBETA	VALOR	GRUPO	PROBETA	VALOR		
SL1 + SR1	1	1,83		SL1 + SR1	1	1,58	SL1 + SR1	1	2,55		
	2	1,82			2	1,43		2	1,73		
	3	1,93			3	1,9		3	2,03		
	4	1,96			4	1,89		4	1,9		
SL1 + SR2	1	5,6	2	SL1 + SR2	1	6	2,6	SL1 + SR2	1	5,2	2,3
	2	5,1	2,3		2	5,5	2,6		2	5,3	2,7
	3	5,5	2,5		3	5,8	2,3		3	5,4	2,1
	4	4,8	2,4		4	5,47	2,8		4	5,57	2,4
SL2 + SR1	1	1,86		SL2 + SR1	1	1,04		SL2 + SR1	1	1,3	
	2	1,54			2	1,25			2	2	
	3	1,04			3	1,05			3	1,5	
	4	1,13			4	1,13			4	1,18	
SL2 + SR2	1	5,8	2,5	SL2 + SR2	1	5,13	2,6	SL2 + SR2	1	4,5	2,7
	2	5	2,5		2	5,57	2,8		2	5,5	2,1
	3	6,1	2,5		3	5,87	2,6		3	5,3	2,3
	4	6,1	2,4		4	5,17	2,3		4	5,7	2,8
PROM: SR 1		1,61		PROM: SR2 CAPA 1		5,46		PROM: SR2 CAPA 2		2,46	
REGISTRO FOTOGRÁFICO											
											
OBSERVACIONES											
De acuerdo a las recomendaciones establecidas en las hojas de especificaciones técnicas de los recubrimientos cumplen con los espesores recomendados: Hempadur Mastic 45881: espesor recomendado 5 mils; Hempathane Topcoat 55210: espesor recomendado 2 mils; STOP MATE CROMATO DE ZINC: espesor recomendado 1 - 1,5 mils; por lo que se dá por aprobado el recubrimiento.											

Fuente: Autor

Tabla 3.18.- Determinación de espesores en las capas de recubrimientos aplicados al material base, para 380 horas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		MAESTRÍA: MECÁNICA		MENCIÓN: DISEÑO		COHORTE: 2017	
		TIPO DE ESTUDIO:		MEDICIONES DE CAMPO PROBETAS PLANAS		TIPO DE PRUEBA:		CUANTITATIVA		Revisión: 01	
										Pag: 1 de 1	
MEDICIÓN DE ESPESORES EN SECO (mils)											
EQUIPO:		MEDIDOR DE ESPESORES		MARCA:		ELCOMETER		MODELO:		456	
RANGO:		0 - 1500 um									
APLICACIÓN DE PINTURA											
RECUBRIMIENTO	PINTURA	TIPO DE PINTURA	ENVASE	THINER	ESPESOR PREAPLICADO	MEDICIONES		METODO DE APLICACIÓN	OBSERVACIONES		
						HUMEDO	SECO				
SR1	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	Resina y pigmentos	414 rojo óxido	Corriente	0,00			38 um	Soplete	OK	
SR2: CAPA 1	Hempadur Mastic 45881	EPÓXICA	base 45889; curing agent 95881	8450	0,00			125 micras	airless	OK	
SR2: CAPA 2	Hempathane Topcoat 55210	Poliuretano	base 55219, curing agent 95370	08080 5%.	125 micras			50 micras	airless	OK	
DATOS OBTENIDOS PARA 380 HORAS											
HSLA 1011 GR - 50				ASTM A - 500				ASTM A - 500 GALVANIZADO			
GRUPO	PROBETA	VALOR		GRUPO	PROBETA	VALOR		GRUPO	PROBETA	VALOR	
SL1 + SR1	1	1,07		SL1 + SR1	1	1,02		SL1 + SR1	1	1,99	
	2	1,08			2	1,19			2	1,31	
	3	1,09			3	1,6			3	2,01	
	4	1,08			4	1,7			4	2	
SL1 + SR2	1	5,5	2,3	SL1 + SR2	1	5,3	2,83	SL1 + SR2	1	5,5	2,47
	2	5,3	2		2	5,46	2,8		2	4,9	2,13
	3	6,3	2,4		3	4,17	2,3		3	5,1	2,17
	4	5,8	2,3		4	5,9	2,87		4	5,4	2,17
SL2 + SR1	1	1,06		SL2 + SR1	1	1,09		SL2 + SR1	1	1,61	
	2	1,09			2	1,17			2	1,42	
	3	1,29			3	1,2			3	1,87	
	4	1,29			4	1,09			4	1,83	
SL2 + SR2	1	5,6	2,2	SL2 + SR2	1	5,17	2,9	SL2 + SR2	1	5,5	2,67
	2	5,3	2,5		2	6,3	2,47		2	5,6	2,57
	3	5,4	2,8		3	5,5	2,46		3	5,7	2,9
	4	4,8	2,5		4	5,8	2,57		4	5,2	2,5
PROM: SR 1		1,38		PROM: SR2 CAPA 1		5,44		PROM: SR2 CAPA 2		2,37	
REGISTRO FOTOGRAFICO											
											
OBSERVACIONES											
De acuerdo a las recomendaciones establecidas en las hojas de especificaciones técnicas de los recubrimientos cumplen con los espesores recomendados: Hempadur Mastic 45881: espesor recomendado 5 mils; Hempathane Topcoat 55210: espesor recomendado 2 mils; STOP MATE CROMATO DE ZINC: espesor recomendado 1,5 mils; por lo que se dá por aprobado el recubrimiento.											

Fuente: Autor

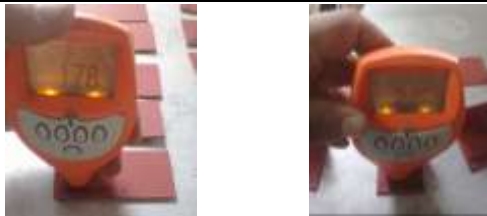
Tabla 3.19.- Determinación de espesores en las capas de recubrimientos aplicados al material base, para 480 horas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		MAESTRÍA: MECÁNICA		MENCIÓN: DISEÑO		COHORTE: 2017	
TIPO DE ESTUDIO:		MEDICIONES DE CAMPO		PROBETAS PLANAS		TIPO DE PRUEBA:		CUANTITATIVA		Revisión: 01 Pag: 1 de 1	
MEDICIÓN DE ESPESORES EN SECO (mils)											
EQUIPO:		MEDIDOR DE ESPESORES		MARCA:		ELCOMETER		MODELO:		456 RANGO: 0 - 1500 um	
APLICACIÓN DE PINTURA											
RECUBRIMIENTO	PINTURA	TIPO DE PINTURA	ENVASE	THINER	ESPESOR PREAPLICADO	MEDICIONES		METODO DE APLICACIÓN	OBSERVACIONES		
						HUMEDO	SECO				
SR1	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	Resina y pigmentos	414 rojo óxido	Corriente	0,00		38 um	Soplete	OK		
SR2: CAPA 1	Hempadur Mastic 45881	EPÓXICA	base 45889; curing agent 95881	8450	0,00		125 micras	airless	OK		
SR2: CAPA 2	Hempathane Topcoat 55210	Poliuretano	base 55219, curing agent 95370	08080 5%.	125 micras		50 micras	airless	OK		
DATOS OBTENIDOS PARA 480 HORAS											
HSLA 1011 GR - 50				ASTM A - 500				ASTM A - 500 GALVANIZADO			
GRUPO	PROBETA	VALOR		GRUPO	PROBETA	VALOR		GRUPO	PROBETA	VALOR	
SL1 + SR1	1	1,14		SL1 + SR1	1	1,05		SL1 + SR1	1	1,47	
	2	1,07			2	1,15			2	1,22	
	3	1,22			3	1,9			3	1,68	
	4	1,16			4	1,11			4	1,74	
SL1 + SR2	1	5,6	2,4	SL1 + SR2	1	5,2	2,4	SL1 + SR2	1	5,4	2,77
	2	4,8	2,87		2	5,25	2,13		2	5,8	2,6
	3	5,3	2,17		3	5,17	2,6		3	5,5	2,5
	4	5,5	2,2		4	5,4	2,63		4	5,8	2,5
SL2 + SR1	1	1,17		SL2 + SR1	1	1,87		SL2 + SR1	1	1,24	
	2	1,05			2	1,15			2	1,32	
	3	1,04			3	1,9			3	1,6	
	4	1,87			4	1,05			4	1,33	
SL2 + SR2	1	5,87	2,25	SL2 + SR2	1	5,4	2,13	SL2 + SR2	1	5,77	2,8
	2	5,57	2,17		2	5,26	2,4		2	4,5	2,5
	3	5,17	2,26		3	5,02	2,25		3	5,2	2,2
	4	5,5	2,4		4	5,13	2,02		4	5,49	2,4
PROM: SR 1		1,35		PROM: SR2 CAPA 1		5,36		PROM: SR2 CAPA 2		2,40	
REGISTRO FOTOGRÁFICO											
											
OBSERVACIONES											
De acuerdo a las recomendaciones establecidas en las hojas de especificaciones técnicas de los recubrimientos cumplen con los espesores recomendados: Hempadur Mastic 45881: espesor recomendado 5 mils; Hempathane Topcoat 552101: espesor recomendado 2 mils; STOP MATE CROMATO DE ZINC: espesor recomendado 1,5 mils; por lo que se dá por aprobado el recubrimiento.											

Fuente: Autor




De igual manera se realiza la inspección de los espesores de recubrimientos en las probetas en las que se realizaron las juntas de soldadura a tope y a filete, con un sistema de limpieza superficial SSPC SP – 3, los resultados los muestra en las Tablas 3.20 – 3.21

Tabla 3.20.- Determinación de espesores en las capas de recubrimientos aplicados al material base, para 280 horas, juntas soldadas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		MAESTRÍA: MECÁNICA		MENCIÓN: DISEÑO		COHORTE: 2017	
TIPO DE ESTUDIO:		MEDICIONES DE CAMPO		PROBETAS SOLDADAS		TIPO DE PRUEBA		CUANTITATIVA		Revisión: 01 Pag: 1 de 1	
MEDICIÓN DE ESPESORES EN SECO (mils)											
EQUIPO:	MEDIDOR DE ESPESORES	MARCA:	ELCOMETER	MODELO:	456	RANGO:	0 - 1500 um				
PARÁMETROS DE SOLDADURA											
MATERIAL BASE:	HSLA, A-500 Y A-500 GAL		MATERIAL DE APORTE:	Alambre sólido 70S		TIPO DE JUNTA:	Tope y Filete				
AMPERAJE:	133 Amp.		VOLTAJE:	22 volts		TIPO DE GAS:	CO2				
FLUJO:	N/A		POSICIÓN:	Plana		TIPO DE SOLDADURA:	MIG				
APLICACIÓN DE PINTURA											
RECUBRIMIENTO	PINTURA	TIPO DE PINTURA	ENVASE	THINER	ESPESOR PREAPLICADO	MEDICIONES		METODO DE APLICACIÓN	OBSERVACIONES		
SR1	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	Resina y pigmentos	414 rojo óxido	Corriente	0,00		38 um	Soplete	OK		
SR2: CAPA 1	Hempadur Mastic 45881	EPÓXICA	base 45889; curing agent 95881	8450	0,00		125 micras	airless	OK		
SR2: CAPA 2	Hempathane Topcoat 55210	Poliuretano	base 55219, curing agent 95370	08080 5%	125 micras		50 micras	airless	OK		
TIPO DE JUNTA 1:	Soldadura Filete (SF)			TIPO DE JUNTA 2:	Soldadura Tope (ST)						
DATOS OBTENIDOS PARA 280 HORAS											
HSLA 1011 GR - 50				ASTM A - 500				ASTM A - 500 GALVANIZADO			
GRUPO	PROBETA	VALOR		GRUPO	PROBETA	VALOR		GRUPO	PROBETA	VALOR	
SF + SR1	1	1,49		SF + SR1	1	1,13		SF + SR1	1	1,24	
	2	1,57			2	1,23			2	1,28	
	3	1,63			3	1,21			3	1,35	
	4	2,39			4	1,07			4	1,37	
SF + SR2	1	5,6	2,7	SF + SR2	1	4,8	2,16	SF + SR2	1	5,65	2,24
	2	5,8	2,36		2	5,4	2,04		2	5,4	2,35
	3	5,4	2,26		3	5,2	2,18		3	5,85	2,39
	4	5,55	2,03		4	5,13	1,99		4	5,37	2,04
ST + SR1	1	1,89		ST + SR1	1	1,52		ST + SR1	1	1,27	
	2	2,16			2	1,58			2	1,26	
	3	1,78			3	1,75			3	1,36	
	4	2,04			4	1,53			4	1,03	
ST + SR2	1	5,5	2,12	ST + SR2	1	5,5	2,14	ST + SR2	1	5,3	2,24
	2	5,6	2,14		2	5,9	2,29		2	5,5	2,27
	3	5,8	2,15		3	4,8	2,06		3	5,45	2,25
	4	5,67	2,37		4	5,4	2,32		4	5,75	2,44
PROM: SR 1	1,51		PROM: SR2 CAPA 1	5,47		PROM: SR2 CAPA 2	2,23				
REGISTRO FOTOGRÁFICO											
											
OBSERVACIONES											
De acuerdo a las recomendaciones establecidas en las hojas de especificaciones técnicas de los recubrimientos cumplen con los espesores recomendados: Hempadur Mastic 45881: espesor recomendado 5 mils; Hempathane Topcoat 55210: espesor recomendado 2 mils; STOP MATE CROMATO DE ZINC: espesor recomendado 1 - 1,5 mils; por lo que se dá por aprobado el recubrimiento.											

Fuente: Autor

Tabla 3.21.- Determinación de espesores en las capas de recubrimientos aplicados al material base, para 480 horas, juntas soldadas.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
		MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017							
		TIPO DE ESTUDIO:		MEDICIONES DE CAMPO					
		TIPO DE PRUEBA:	CUANTITATIVA	Revisión: 01	Pag: 1 de 1				
MEDICIÓN DE ESPESORES EN SECO (mils)									
EQUIPO:	MEDIDOR DE ESPESORES	MARCA:	ELCOMETER	MODELO:	456	RANGO:	0 - 1500 um		
PARÁMETROS DE SOLDADURA									
MATERIAL BASE:	HSLA, A-500 Y A-500 GAL	MATERIAL DE APORTE:	Alambre sólido 70S	TIPO DE JUNTA:	Tope y Filete				
AMPERAJE:	133 Amp.	VOLTAJE:	22 volts	TIPO DE GAS:	CO2				
FLUJO:	N/A	POSICIÓN:	Plana	TIPO DE SOLDADURA:	MIG				
APLICACIÓN DE PINTURA									
RECUBRIMIENTO	PINTURA	TIPO DE PINTURA	ENVASE	THINER	ESPESOR PREAPLICADO	MEDICIONES		METODO DE APLICACIÓN	OBSERVACIONES
						HUMEDO	SECO		
SR1	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	Resina y pigmentos	414 rojo óxido	Corriente	0,00		38 um	Soplete	OK
SR2: CAPA 1	Hempadur Mastic 45881	EPÓXICA	base 45889; curing agent 95881	8450	0,00		125 micras	airless	OK
SR2: CAPA 2	Hempathane Topcoat 55210	Poliuretano	base 55219; curing agent 95370	08080 5%.	125 micras		50 micras	airless	OK
DATOS OBTENIDOS PARA 480 HORAS									
HSLA 1011 GR - 50			ASTM A - 500			ASTM A - 500 GALVANIZADO			
GRUPO	PROBETA	VALOR	GRUPO	PROBETA	VALOR	GRUPO	PROBETA	VALOR	
SF + SR1	1	2,39	SF + SR1	1	1,05	SF + SR1	1	1,39	
	2	1,07		2	1,11		2	1,63	
	3	2,33		3	1,4		3	1,04	
	4	2,25		4	1,06		4	1,22	
SF + SR2	1	5,4 2,6	SF + SR2	1	5,7 2,58	SF + SR2	1	5,2 2,01	
	2	5,7 2,67		2	5,7 2,14		2	5,2 2,1	
	3	5,2 1,94		3	5,5 2,01		3	5,67 2,07	
	4	5,7 2,03		4	5,43 2,77		4	5,7 2,25	
ST + SR1	1	1,55	ST + SR1	1	1,16	ST + SR1	1	1,19	
	2	2,18		2	1,14		2	1,31	
	3	1,85		3	1,14		3	1,64	
	4	1,99		4	1,26		4	1,9	
ST + SR2	1	5,5 2,11	ST + SR2	1	5,33 2,15	ST + SR2	1	5,53 2,23	
	2	5,4 2,1		2	5,03 2,06		2	5,4 2,18	
	3	5,8 1,96		3	5,67 2,03		3	5,63 2,1	
	4	5,9 2,13		4	5,7 2,07		4	5,33 2,12	
PROM: SR 1		1,51	PROM: SR2 CAPA 1		5,51	PROM: SR2 CAPA 2		2,18	
REGISTRO FOTOGRÁFICO									
									
OBSERVACIONES									
De acuerdo a las recomendaciones establecidas en las hojas de especificaciones técnicas de los recubrimientos cumplen con los espesores recomendados: Hempadur Mastic 45881: espesor recomendado 5 mils; Hempathane Topcoat 552101: espesor recomendado 2 mils; STOP MATE CROMATO DE ZINC: espesor recomendado 1,5 mils; por lo que se dá por aprobado el recubrimiento.									

Fuente: Autor

3.13.2.- Prueba de pull off y adherencia de recubrimientos

La prueba de adherencia denominada como Pull Off se basa en la norma ASTM D 4541 “Método de Ensayo Estándar para la Resistencia al Desprendimiento por Tensión de Recubrimientos Usando Medidores Portátiles de Adherencia”, cuyo procedimiento se encuentra detallado en el diagrama de flujo de la Figura 3.7.

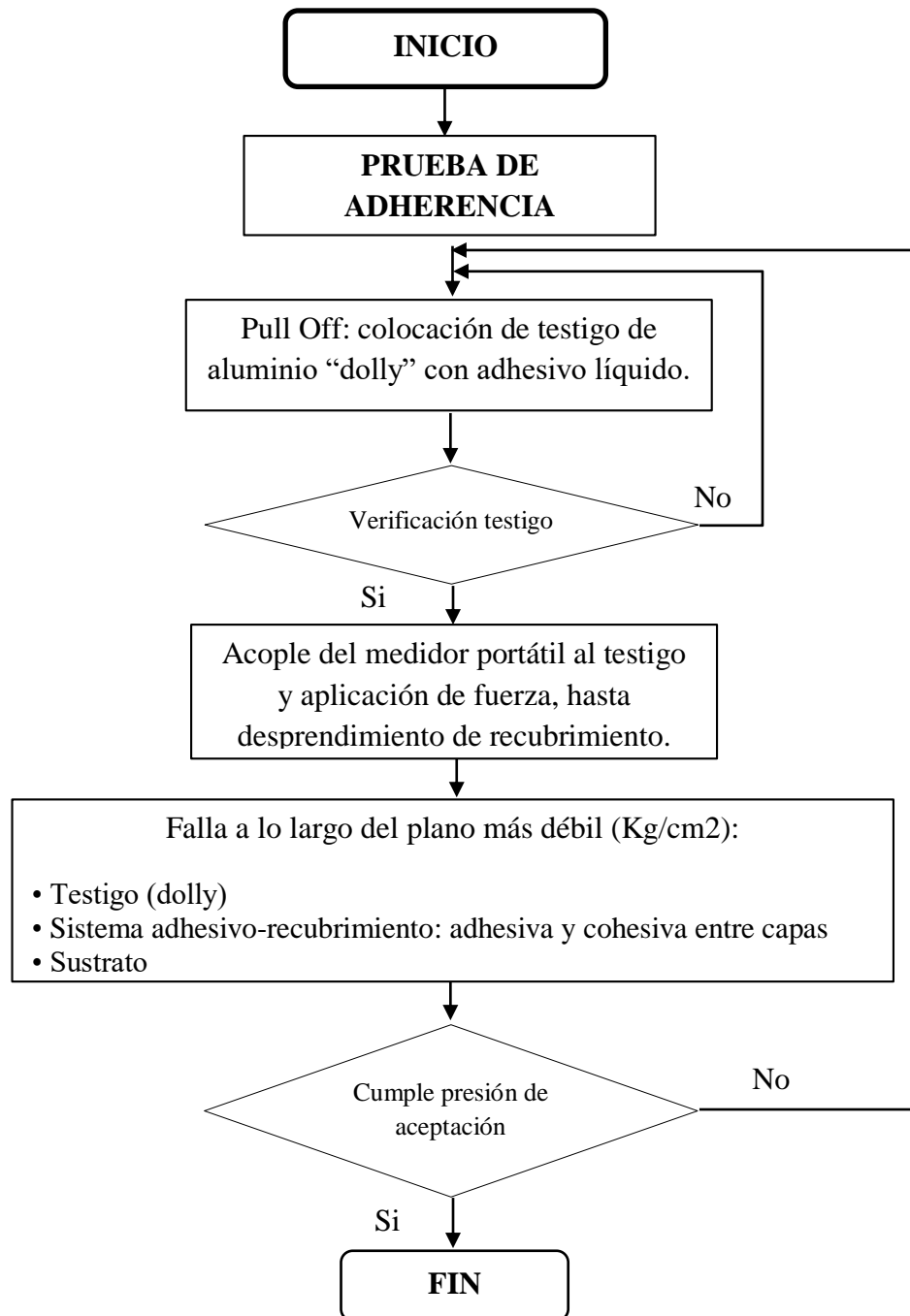


Fig 3.7.- Diagrama de aplicación de recubrimientos

Fuente: Autor

Los resultados de la prueba de pull off que se realizó a las probetas 1 por lote del sistema de recubrimiento 2, se muestran en la Tabla 3.22; donde como resultado final se puede observar adhesión y cohesión pero una vez que han superado la presión de aceptación, por lo que se da por aprobado al sistema recubierto.

Tabla 3.22.- Resultados de ensayos de Pull Off

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017		TIPO DE ESTUDIO: MEDICIONES DE CAMPO PROBETAS PLANAS	
TIPO DE PRUEBA		CUANTITATIVA		Revisión: 01		Pag: 1 de 1			
PRUEBA DE ADHERENCIA: PULL OFF (Psi)									
EQUIPO:	PULL OFF	MARCA:	ELCOMETER	MODELO:	106	RANGO:	0 - 3200 psi		
DATOS DEL PEGAMENTO									
MARCA:	PULL OFF	NOMBRE:	ARALDITE	PART NUMBER	A 2626	PRESIÓN ACEPTACIÓN	300 psi		
APLICACIÓN DE PINTURA									
RECUBRIMIENTO	PINTURA	TIPO DE PINTURA	ENVASE	THINER	ESPESOR PREAPLICADO	MEDICIONES		METODO DE APLICACIÓN	OBSERVACIONES
						HUMEDO	SECO		
SR1	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	Resina y pigmentos	414 rojo óxido	Corriente	0,00		38 um	Soplete	OK
SR2: CAPA 1	Hempadur Mastic 45881	EPÓXICA	base 45889; curing agent 95881	8450	0,00		125 micras	airless	OK
SR2: CAPA 2	Hempathane Topcoat 55210	Poliuretano	base 55219, curing agent 95370	08080 5%.	125 micras		50 micras	airless	OK
NOMENCLATURA									
A = SUSTRATO		B = PRIMERA CAPA		C = SEGUNDA CAPA		Y = ADHESIVO		Z = DOLLY	
Descripción sitio de prueba	Presión de ruptura	Sitio de ruptura		Aceptado	Rechazado	observaciones			
		Cohesión	Adhesión						
DOLLY A1 (SL1 + SR2) HSLA	1450	0%	0%	OK		NO FALLA			
DOLLY A2 (SL2 + SR2) HSLA	1200	5% Y	95% Z/Y	OK					
DOLLY A3 (SL1 + SR2) A-500	1500	0%	0%	OK		NO FALLA			
DOLLY A4 (SL2 + SR2) A-500 GAL	1500	0%	0%	OK		NO FALLA			
REGISTRO FOTOGRÁFICO									
									

Fuente: Autor

3.14.- Registro de datos

El sistema de recubrimiento aplicada al material base, cumple con las especificaciones de aplicaciones para estructuras de acero en áreas abiertas, con una

categoría de corrosividad C3 Media “Ambientes industriales y urbanos con un nivel medio de contaminación de dióxido de azufre. Áreas industriales y áreas costeras de baja salinidad”, con una vida estimada de 5 a 15 años cuyo sistema es el número 2, especificado en la Tabla 2.10. Una vez que las probetas se encuentran con su respectivo recubrimiento y cumpliendo los espesores recomendados por el fabricante se procede a obtener los datos de las propiedades físicas de largo, ancho, espesor inicial y la masa inicial con la cual la probeta ingresará al interior de la cámara de niebla salina, en la Figura 3.8 se observa la toma de datos físicos.

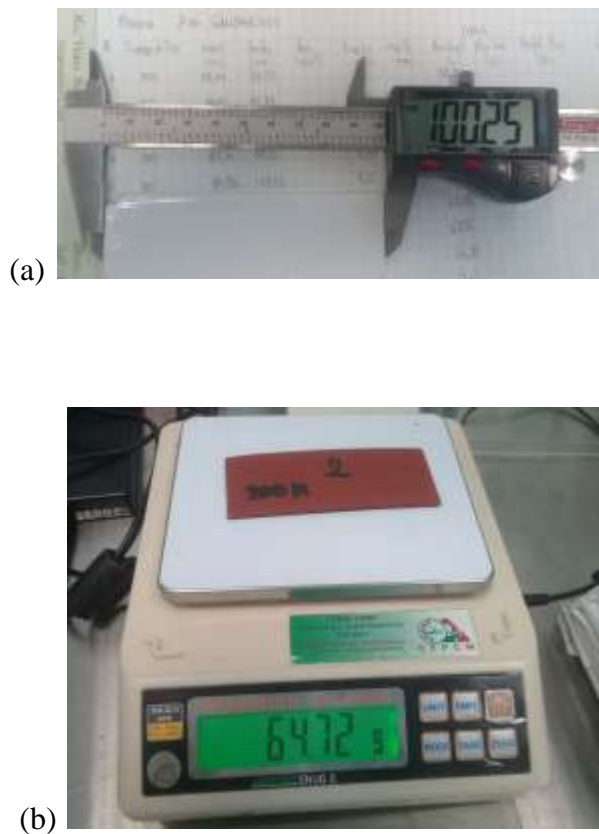
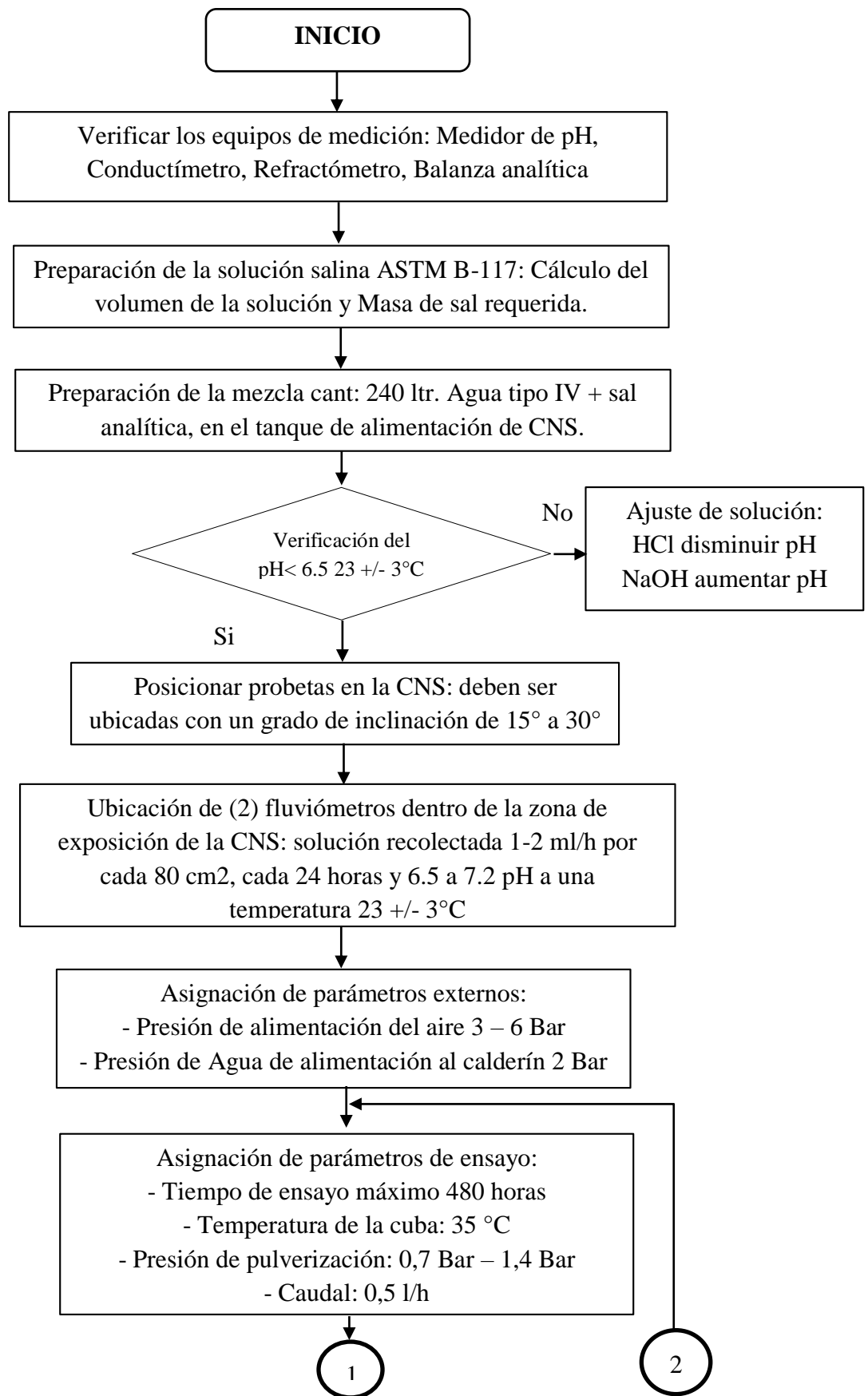


Fig 3.8.- Toma de datos físicos de probetas. (a).- Longitud de probeta; (b) peso de probeta

Fuente: Autor

3.15.- procedimiento de ensayo para cámara de niebla salina.

Para desarrollar un adecuado ensayo de corrosión se seguirán las instrucciones detalladas en el diagrama de flujo mostrado en la Figura 3.9.



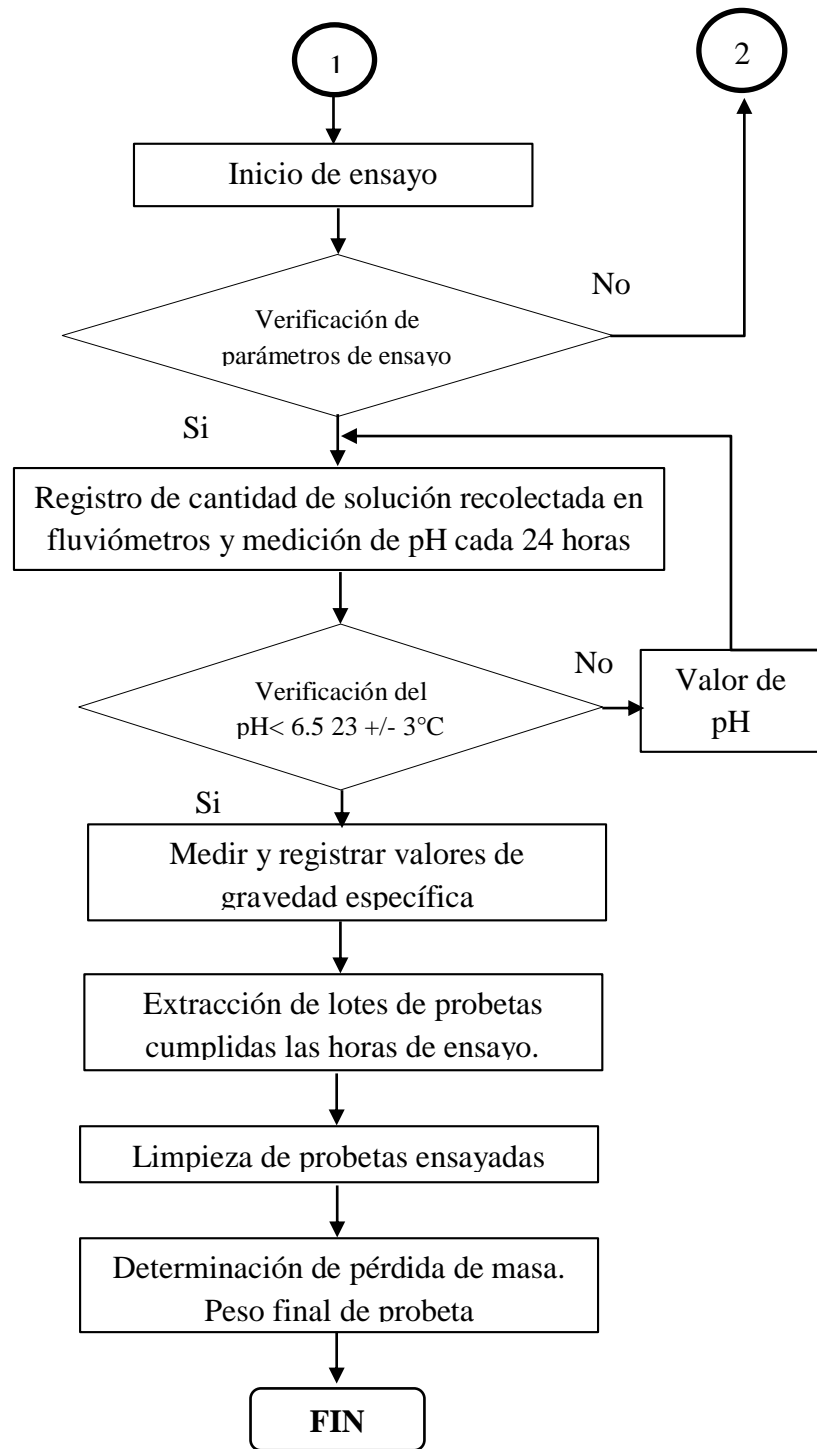


Fig 3.9.- Diagrama de flujo para el procedimiento de ensayo de CNS

Fuente: Autor

La norma en la cual nos basamos para la realización del ensayo es la ASTM B-117 en donde nos especifica los parámetros que se debe cumplir para obtener un ensayo estandarizado.

Los equipos utilizados para toma de datos del ensayo se los muestra en la Tabla 3.23 en donde se especifica series y modelos.

Tabla 3.23.- Equipos para toma de datos de la solución





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
MAESTRÍA: MECÁNICA		MENCIÓN: DISEÑO		COHORTE: 2017	
TIPO DE ESTUDIO:		MEDICIONES DE CAMPO: EQUIPOS			
TIPO DE PRUEBA		CUALITATIVA		Revisión: 01	Pag: 1 de 1
EQUIPOS DE MEDICIÓN.					
CONDUCTIVIDAD					
EQUIPO:	Conductímetro	MARCA:	MILWAUKEE	MODELO:	EC-59
		SERIE	1313447		
REGISTRO FOTOGRÁFICO					
					
TEMPERATURA Y VALOR DE Ph DE LA SOLUCIÓN RECOLECTADA					
EQUIPO:	Medidor de PH / ORP	MARCA:	MILWAUKEE	MODELO:	HI9125
		SERIE	E0016479		
REGISTRO FOTOGRÁFICO					
					
GRAVEDAD ESPECÍFICA					
EQUIPO:	Refractómetro	MARCA:	MILWAUKEE	MODELO:	MA887
		SERIE	0-316025199		
REGISTRO FOTOGRÁFICO					
					
OBSERVACIONES					
Equipos para toma de valores correspondientes al monitoreo de las condiciones del ensayo una vez al día durante el transcurso de horas de permanencia de las probetas en el interior de la cámara de niebla salina					

Fuente: Autor

3.16.- Parámetros de materiales para ensayo de Cámara de niebla salina

Existen unos parámetros especiales que deben cumplir los materiales a utilizar y fueron comparados para poder liberarlos y utilizarlos dentro del ensayo de cámara de niebla salina, estos se muestran en la Tabla 3.24.

Tabla 3.24.- Verificación de composición de materiales utilizados en el ensayo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																																
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017																																
	TIPO DE ESTUDIO:		MEDICIONES DE CAMPO: EQUIPOS																														
	TIPO DE PRUEBA	CUALITATIVA	Revisión: 01	Pag: 1 de 1																													
VERIFICACIÓN DE IMPUREZAS DE CLORURO DE SODIO																																	
MATERIAL UTILIZADO:	CLORURO DE SODIO	MARCA:	FISHER CHEMICAL	LOTE:	186613	PROCEDENCIA	EE.UU																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción de Impureza</th> <th>Cantidad permisible</th> <th>Valor de Material</th> <th>Observaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Total de impurezas</td> <td></= 0,3%</td> <td>0,032</td> <td>ok</td> </tr> <tr> <td>Haluros (Bromuro, Fluoruro, Yoduro)</td> <td>< 0,1 %</td> <td>0,01</td> <td>ok</td> </tr> <tr> <td>Cobre</td> <td>< 0,3 ppm</td> <td>0,01</td> <td>ok</td> </tr> <tr> <td>Agentes contra el apelmazamiento</td> <td>No adicional</td> <td>N/A</td> <td>ok</td> </tr> </tbody> </table>		Descripción de Impureza	Cantidad permisible	Valor de Material	Observaciones	Total de impurezas	</= 0,3%	0,032	ok	Haluros (Bromuro, Fluoruro, Yoduro)	< 0,1 %	0,01	ok	Cobre	< 0,3 ppm	0,01	ok	Agentes contra el apelmazamiento	No adicional	N/A	ok												
Descripción de Impureza	Cantidad permisible	Valor de Material	Observaciones																														
Total de impurezas	</= 0,3%	0,032	ok																														
Haluros (Bromuro, Fluoruro, Yoduro)	< 0,1 %	0,01	ok																														
Cobre	< 0,3 ppm	0,01	ok																														
Agentes contra el apelmazamiento	No adicional	N/A	ok																														
REGISTRO FOTOGRÁFICO																																	
																																	
VERIFICACIÓN DE COMPATIBILIDAD DEL AGUA DESTILADA																																	
De acuerdo a la norma ASTM D 1193 el grado IV de agua debe ser aquella preparada por destilación, cambio de iones, electrodeonización continua osmisis inversa, electrodiálisis o una combinación de alguna de ellas y debe presentar las siguientes características																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Tipo IV Norma</th> <th>Valor de Material</th> <th>Observaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Conductividad eléctrica max uS/cm; 25°C</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>ok</td> </tr> <tr> <td>Resistividad eléctrica (Mohms)*cm; 25°C</td> <td>0,2</td> <td>N/A</td> <td>ok</td> </tr> <tr> <td>Silíce, max (mg/L)</td> <td>no limit</td> <td>1.1</td> <td>ok</td> </tr> <tr> <td>Cloruros, max (mg/L)</td> <td>50</td> <td>2,5</td> <td>ok</td> </tr> <tr> <td>pH a 25°C</td> <td>5 - 8</td> <td>6 -6.5</td> <td>ok</td> </tr> <tr> <td>Carbono orgánico total, max (mg/L)</td> <td>no limit</td> <td>N/A</td> <td>ok</td> </tr> </tbody> </table>		Descripción	Tipo IV Norma	Valor de Material	Observaciones	Conductividad eléctrica max uS/cm; 25°C	5	4	ok	Resistividad eléctrica (Mohms)*cm; 25°C	0,2	N/A	ok	Silíce, max (mg/L)	no limit	1.1	ok	Cloruros, max (mg/L)	50	2,5	ok	pH a 25°C	5 - 8	6 -6.5	ok	Carbono orgánico total, max (mg/L)	no limit	N/A	ok				
Descripción	Tipo IV Norma	Valor de Material	Observaciones																														
Conductividad eléctrica max uS/cm; 25°C	5	4	ok																														
Resistividad eléctrica (Mohms)*cm; 25°C	0,2	N/A	ok																														
Silíce, max (mg/L)	no limit	1.1	ok																														
Cloruros, max (mg/L)	50	2,5	ok																														
pH a 25°C	5 - 8	6 -6.5	ok																														
Carbono orgánico total, max (mg/L)	no limit	N/A	ok																														
REGISTRO FOTOGRÁFICO																																	
																																	
OBSERVACIONES																																	
De acuerdo a lo analizado se dan por aceptados los materiales para el ensayo ya que se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la Norma ASTM B-117 y ASTM D - 1193																																	

Fuente: Autor

3.16.1.- Volumen de solución y cantidad de soluto

De acuerdo a lo planteado en el ensayo a realizar se considera un tiempo de exposición de 480 horas en la cámara de niebla salina, con un caudal de 0,5 lt/h. La

fórmula común utilizada para calcular la cantidad de sal requerida por la masa para lograr un 5% de solución salina de una masa de agua conocida se establece en la norma ASTM B117 que es la siguiente:

$$0,053 * \text{Masa de agua} = \text{Masa de cloruro requerido} \quad (\text{ec. 5})$$

Para el cálculo del volumen de la solución se lo realiza de la siguiente manera:

$$\text{Vol solución} = \text{Caudal} * \text{Tiempo} \quad (\text{ec. 6})$$

$$\text{Vol solución} = 0,5 \text{ lt/h} * 480 \text{ h}$$

$$\text{Vol solución} = 240 \text{ lt}$$

Por lo tanto la masa del agua corresponde a la siguiente expresión:

$$1 \text{ litro de agua} = 1 \text{ kg de masa de agua}$$

De donde se tiene:

$$\text{Masa de cloruro requerido} = 0,053 * 240000 \text{ g}$$








$$\text{Masa de cloruro requerido} = 12720 \text{ g}$$

Es decir que para la obtención de la solución salina al 5% se requiere de: 12720 g de cloruro de sodio y de 240 ltr de agua destilada Tipo IV.

3.17.- Puesta en marcha del ensayo de cámara de niebla salina

A continuación se describe el procedimiento desarrollado para el inicio del ensayo de la cámara de niebla salina tomando en cuenta los parámetros recomendados en las normas de materiales, equipo y procedimiento de ensayo, ver Tablas 3.25, 3.26 y 3.27.

Tabla 3.25.- Puesta en marcha ensayo de Cámara de niebla salina (Pág. 1 de 3).

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017						
	TIPO DE ESTUDIO:		ENSAYO DE CÁMARA DE NIEBLA SALINA				
	TIPO DE PRUEBA	CUANTITATIVA	Revisión: 01	Pag: 1 de 3			
PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN SALINA AL 5%							
MATERIAL UTILIZADO:	CLORURO DE SODIO	MARCA:	FISHER CHEMICAL	LOTE:	186613	CANTIDAD:	12720 gr.
MATERIAL UTILIZADO:	Agua destilada	MARCA:	NOVACHEM	LOTE:	100817	CANTIDAD:	240 l.
1.- Peso del cloruro de sodio en balanza, de acuerdo al valor calculado en función de número de horas a ensayar 2.- Disolución del cloruro de sodio en un recipiente con agua destilada. 3.- Mezcla del total de la solución en el tanque de alimentación de la cámara de niebla salina. Adicionando el volumen total del agua destilada							
REGISTRO FOTOGRÁFICO							
							
VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS							
N:	Item	Parámetro	Unidad	Valor requerido	Valor medido		
1	Agua demineralizada: Destilada Tipo IV	Conductividad	us/cm	1 - 5	2		
2		Sólidos en susp.	ppm	0	0		
3	Solución Salina	Valor pH	pH	< 6,5	6,21		
4		Temperatura	°C	23 +/- 3	22,5		
5		Gravedad específica	g/cm ³	5% a 23°C: 1,031458	1,033		
REGISTRO FOTOGRÁFICO							
							
OBSERVACIONES							
De acuerdo a lo analizado se dan por aceptados los materiales para el ensayo ya que se encuentran dentro de los parámetros establecidos							


Fuente: Autor

Tabla 3.26.- Puesta en marcha ensayo de Cámara de niebla salina (Pág. 2 de 3).

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017			
	TIPO DE ESTUDIO:	ENSAYO DE CÁMARA DE NIEBLA SALINA		
	TIPO DE PRUEBA	CUANTITATIVA	Revisión: 01 Pag: 2 de 3	
POSICIONAMIENTO DE PROBETAS EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA				
<p>De acuerdo a la norma ASTM B 117 indican que las probetas serán colocadas con una inclinación de entre 15 hasta 30° con respecto a la vertical y paralelas a la dirección principal del flujo de niebla.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Sujeción de las mallas portadoras de probetas a los soporte de la cámara de niebla salina, mediante uso de amarraderas. 2.- Proyección de una línea inclinada en la pared de la cámara como referencia para posicionamiento de mallas con una inclinación de 18 °C 3.- Ingreso de mallas portadoras de probetas a CNS y sujeción a soportes con la inclinación deseada 18°C 4.- Sellado hermético de la cámara agregando agua en la periferia de la tapa de la cámara de niebla salina 				
REGISTRO FOTOGRÁFICO				
				
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE CÁMARA DE NIEBLA SALINA				
PARÁMETROS EXTERNOS DE EQUIPO		PARÁMETROS DEL EQUIPO		
Descripción	Valor	Descripción	Valor	
Instalación Eléctrica	220 Volts	Tiempo de ensayo en display	480 Horas	
Presión de alimentación de Aire	6 Bar	Temperatura de la cuba	35 °C	
Presión de agua	4 Bar	Presión de Pulverización	1 Bar	
		Caudal de solución salina	0,5 l/h	
REGISTRO FOTOGRÁFICO				
				
EJECUCIÓN DEL ENSAYO				
<p>Una vez establecidos los parámetros del ensayo, se inicia el mismo, teniendo en cuenta que se debe hacer controles cada 24 horas, en los cuales se medirá el volumen de solución recolectado por los flujómetros, el cual debe estar entre 24 y 48 ml. Además se toma en cuenta que el tiempo de ensayo de las probetas es de 200 horas, 280 horas, 380 horas y 480 horas, cada vez que se termine con el período de exposición se procederá con el pesaje final de la probeta y su posterior cálculo de tasa de corrosión.</p>				
REGISTRO FOTOGRÁFICO				
				

Fuente: Autor

Tabla 3.27.- Puesta en marcha ensayo de Cámara de niebla salina (Pág. 3 de 3).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
MAESTRÍA: MECÁNICA		MENCIÓN: DISEÑO		COHORTE: 2017		
TIPO DE ESTUDIO:	ENSAYO DE CÁMARA DE NIEBLA SALINA					
TIPO DE PRUEBA	CUANTITATIVA	Revisión: 01	Pag: 1 de 1			
VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE ENSAYO						
Como se mencionó anteriormente es importante la recolección de un cierto volumen de solución salina para poder realizar la verificación de Ph y valores de gravedad específica, de modo que no exista alguna inconsistencia en el desarrollo del ensayo. Los parámetro se muestran a continuación, desde la fecha de inicio hasta la fecha de finalización.						
FECHA	HORA	TEMP. CUBA (°C)	TEMP SOL. RECOLECTADA (°C)	VOL. SOL. RECOLECTADA (ml)	pH SOL. RECOLECTADA	GRAVEDAD ESP. SOL RECOLECTADA (SG)
25/07/2019	16:05	35,1	20,5	23	7,23	1,033
26/07/2019	16:08	34,9	23,5	10	6,38	1,032
27/07/2019	FIN DE SEMANA					
28/07/2019	FIN DE SEMANA					
29/07/2019	16:03	34,9	22,5	11	6,74	1,033
30/07/2019	16:02	35,3	21,6	50	8,67	1,033
31/07/2019	16:05	34,8	20,3	56	8,74	1,033
01/08/2019	16:01	35,1	21,4	41	6,86	1,033
02/08/2019	16:04	34,9	21	47	8,19	1,032
03/08/2019	FIN DE SEMANA					
04/08/2019	FIN DE SEMANA					
05/08/2019	16:05	35	21,1	59	7,2	1,031
06/08/2019	16:06	35,1	20,8	48	7,85	1,032
07/08/2019	16:03	35,2	21,5	22	7,87	1,032
08/08/2019	16:03	35,1	21,7	24	7,74	1,033
09/08/2019	16:02	35,1	21,2	24	7,92	1,033
10/08/2019	FIN DE SEMANA					
11/08/2019	FIN DE SEMANA					
12/08/2019	16:05	35,1	21,5	18	7,58	1,033
13/08/2019	16:03	35,2	21,8	28	7,55	1,034
14/08/2019	16:01	35,1	21,7	25	7,55	1,032
15/08/2019	16:04	35,2	21,2	26	7,61	1,033
16/08/2019	16:05	35,1	21,6	24	7,49	1,033
17/08/2019	FIN DE SEMANA					
18/08/2019	FIN DE SEMANA					
19/08/2019	16:03	35,1	20,9	23	7,33	1,032
20/08/2019	16:01	35,2	21,5	22	7,39	1,034
21/08/2019	16:04	35,2	21,8	28	8,21	1,033
22/08/2019	16:05	35,2	22,1	27	8,17	1,033
23/08/2019	16:04	35,1	22,1	23	7,38	1,034
24/08/2019	FIN DE SEMANA					
25/08/2019	FIN DE SEMANA					
26/08/2019	16:05	35,2	22,1	68	7,95	1,033
27/08/2019	16:04	35,1	21,7	23	7,33	1,033
REGISTRO FOTOGRÁFICO						
						
OBSERVACIONES						
Los resultados se encuentran dentro de los parámetros establecidos en el procedimiento del ensayo						

Fuente: Autor

3.18.- Tabulación de los datos

El dato que se encontrará al final de los tiempos de exposición a las cuales las probetas se han sometido, será la masa final cuyo valor ayudará a calcular la tasa de corrosión que es el objeto del estudio en función de la norma ASTM G1. Para lo cual primero es necesario limpiar las probetas removiendo la cantidad de sal que ha sido adherida durante el ensayo mediante el lavado con agua tipo IV, dejando secar la probeta y después continuar con la remoción de productos de la corrosión mediante un proceso mecánico de acuerdo a especificaciones.

Una vez se ha concluido con la limpieza de las probetas y la toma del valor de la masa final se valoriza el resultado y se obtiene la tasa de corrosión que cada espécimen ha sufrido.

3.18.1.- Cálculo de tasa de corrosión

Utilizando la ecuación 1, descrita en el capítulo 2 se puede encontrar el valor de tasa de corrosión en base a la norma ASTM G-1, esto se lo realizará para cada probeta ensayada, pero se toma como referencia el primer dato encontrado para desarrollar los cálculos teóricos, los demás resultados se encuentran en el capítulo IV, y en base estos valores poder encontrar la menor tasa de corrosión por medio del análisis estadístico obteniendo la mejor limpieza superficial y recubrimiento aplicado a las probetas.

$$C. R. = (K * W)/(A * T * D)$$

$$C. R. = (87600 * 0,05g)/(41,94 \text{ cm}^2 * 200 \text{ h} * 7,86 \text{ g/cm}^3)$$

$$C. R. = 0,06643 \frac{mm}{año}$$

3.18.2.- Valoración del grado de corrosión

El grado de corrosión será valorado mediante inspección visual siguiendo los parámetros referenciales presentados en la Norma ASTM D-610 (ANEXO 2), determinando el área afectada por oxidación de las muestras y mediante comparación

con las referencias fotográficas que plantea esta norma, en función del porcentaje de área afectada y el tipo de corrosión que se presenta.

3.18.3.- Valoración del grado de ampolladura de los recubrimientos

La norma ASTM D-714 (Anexo 7), es el método estándar para la evaluación del grado de ampolladuras de los recubrimientos que se ha aplicado a un material base de ensayo y se lo realiza mediante la comparación con las referencias fotográficas estándar que esta norma posee.

Los rangos que se establecieron son:

Grado de la ampolladura va en escala de: poco, medio, medio denso y denso y el tamaño de ampolladura, donde N: 02 es el tamaño más grande que puede presentarse en el recubrimiento durante el ensayo; mientras que el mínimo tamaño de ampolladura es el N: 08, estos registros fotográficos ayudaran a determinar cualitativamente la corrosión y como se afecta el recubrimiento en función del ambiente y tiempo de exposición.

3.18.4.- Análisis de los resultados

Concluido el cálculo de la tasa de corrosión en todos los procesos, se determinará la junta con menor valor siendo el proceso que mejores resultados nos brinda en aplicaciones. En cuanto al grado de corrosión por inspección visual nos permitirá determinar el proceso que menos afectación corrosiva presenta.

CAPÍTULO IV

4. Análisis e interpretación de resultados

Como se manifestó anteriormente cronológicamente se muestran los valores de tasas de corrosión para 200 horas que es la primera malla porta-probetas que saldrá de la cámara de niebla salina continuando con 280 Horas, 380 horas y por último 480 horas.

4.1. Recolección de datos

Los datos se encuentran agrupados de la siguiente manera en las tablas de fichas técnicas desde la 4.1 hasta la 4.18, de los cuales se obtendrán valores promediados para una mayor facilidad de graficación e interpretación, en la Tabla 4.1 se indica la nomenclatura utilizada para identificar a cada recubrimiento utilizado y cada tratamiento de limpieza que se le ha dado a las probetas, se especifica para el tiempo de 200 horas debido a que siguen siendo la misma nomenclatura para los restantes tiempos de ensayos.

Tabla 4.1.- Nomenclatura utilizada para identificación de grupos de probetas

MATERIAL	HORAS DE ENSAYO	GRUPO	DESIGNACIÓN
HSLA 1011 Gr-50	200 h	SL1 + SR1	Sis. Limpieza SP3 y Sis. recubrimiento Anticorrosivo
HSLA 1011 Gr-50	200 h	SL1 + SR2	Sis. Limpieza SP3 y Sis. recubrimiento Epóxico + Poliuretano
HSLA 1011 Gr-50	200 h	SL2 + SR1	Sis. Limpieza SP5 y Sis. recubrimiento Anticorrosivo
HSLA 1011 Gr-50	200 h	SL2 + SR2	Sis. Limpieza SP5 y Sis. recubrimiento Epóxico + Poliuretano
ASTM A-500	200 h	SL1 + SR1	Sis. Limpieza SP3 y Sis. recubrimiento Anticorrosivo
ASTM A-500	200 h	SL1 + SR2	Sis. Limpieza SP3 y Sis. recubrimiento Epóxico + Poliuretano
ASTM A-500	200 h	SL2 + SR1	Sis. Limpieza SP5 y Sis. recubrimiento Anticorrosivo

Fuente: **Autor**

Tabla 4.1.- Nomenclatura utilizada para identificación de grupos de probetas, continuación

ASTM A-500	200 h	SL2 + SR2	Sis. Limpieza SP5 y Sis. recubrimiento Epóxico + Poliuretano
ASTM A-500 GAL	200 h	SL1 + SR1	Sis. Limpieza SP3 y Sis. recubrimiento Anticorrosivo
ASTM A-500 GAL	200 h	SL1 + SR2	Sis. Limpieza SP3 y Sis. recubrimiento Epóxico + Poliuretano
ASTM A-500 GAL	200 h	SL2 + SR1	Sis. Limpieza SP5 y Sis. recubrimiento Anticorrosivo
ASTM A-500 GAL	200 h	SL2 + SR2	Sis. Limpieza SP5 y Sis. recubrimiento Epóxico + Poliuretano

Fuente: Autor

Adicional se ingresan probetas sin ningún tipo de recubrimiento con el fin de encontrar como se afectan en función al tiempo de ensayo y determinando la tasa de corrosión, teniendo su designación en la Tabla 4.2:

Tabla 4.2.- Nomenclatura utilizada para identificación de grupos de probetas sin recubrimiento

MATERIAL	HORAS DE ENSAYO	GRUPO	DESIGNACIÓN
HSLA 1011 Gr-50	200 h	S/R	Sin Recubrimiento
ASTM A - 500	200 h	S/R	Sin Recubrimiento
ASTM A - 500 GALVANIZADO	200 h	S/R	Sin Recubrimiento

Fuente: Autor

Para el caso de las probetas en las que se realizaron las juntas soldadas a tope y a filete, la nomenclatura utilizada se detalla en la Tabla 4.3 y Tabla 4.4, para este caso se considera solo un tipo de limpieza superficial SSPC SP - 3:

Tabla 4.3.- Nomenclatura utilizada para identificación de grupos de probetas soldadas

MATERIAL	HORAS DE ENSAYO	GRUPO	DESIGNACIÓN
HSLA 1011 Gr-50	200 h	SF + SR1	Soldadura a filete y Sis. recubrimiento Anticorrosivo
HSLA 1011 Gr-50	200 h	SF + SR2	Sol. Filete y Sis. Rec. Epóxico + Poliuretano
HSLA 1011 Gr-50	200 h	ST + SR1	Sol. Tope y Sis. recubrimiento Anticorrosivo

Fuente: Autor

Tabla 4.3.- Nomenclatura utilizada para identificación de grupos de probetas soldadas, continuación

HSLA 1011 Gr-50	200 h	ST + SR2	Sol. Tope y Sis. Rec. Epóxico + Poliuretano
ASTM A-500	200 h	SF + SR1	Soldadura a filete y Sis. recubrimiento Anticorrosivo
ASTM A-500	200 h	SF + SR2	Sol. Filete y Sis. Rec. Epóxico + Poliuretano
ASTM A-500	200 h	ST + SR1	Sol. Tope y Sis. recubrimiento Anticorrosivo
ASTM A-500	200 h	ST + SR2	Sol. Tope y Sis. Rec. Epóxico + Poliuretano
ASTM A-500 GAL	200 h	SF + SR1	Soldadura a filete y Sis. recubrimiento Anticorrosivo
ASTM A-500 GAL	200 h	SF + SR2	Sol. Filete y Sis. Rec. Epóxico + Poliuretano
ASTM A-500 GAL	200 h	ST + SR1	Sol. Tope y Sis. recubrimiento Anticorrosivo
ASTM A-500 GAL	200 h	ST + SR2	Sol. Tope y Sis. Rec. Epóxico + Poliuretano

Fuente: Autor

Para el caso de probetas sin ningún tipo de recubrimiento, pero que han sido soldadas a tope y filete, la nomenclatura utilizada se detalla en la Tabla 4.4:

Tabla 4.4.- Nomenclatura utilizada para identificación de grupos de probetas sin recubrimiento con juntas soldadas

MATERIAL	HORAS DE ENSAYO	GRUPO	DESIGNACIÓN
HSLA 1011 Gr-50	200 h	SF + S/R	Sol. Filete + Sin Recubrimiento
HSLA 1011 Gr-50	200 h	ST + S/R	Sol. Tope + Sin Recubrimiento
ASTM A - 500	200 h	SF + S/R	Sol. Filete + Sin Recubrimiento
ASTM A - 500	200 h	ST + S/R	Sol. Tope + Sin Recubrimiento
ASTM A - 500 GALVANIZADO	200 h	SF + S/R	Sol. Filete + Sin Recubrimiento
ASTM A - 500 GALVANIZADO	200 h	ST + S/R	Sol. Tope + Sin Recubrimiento

Fuente: Autor

A continuación se presentan las fichas de recolección de datos en donde se tabulan y se encuentra el valor resultante de la tasa de corrosión que es la variable dependiente objeto del estudio (valores promedios).

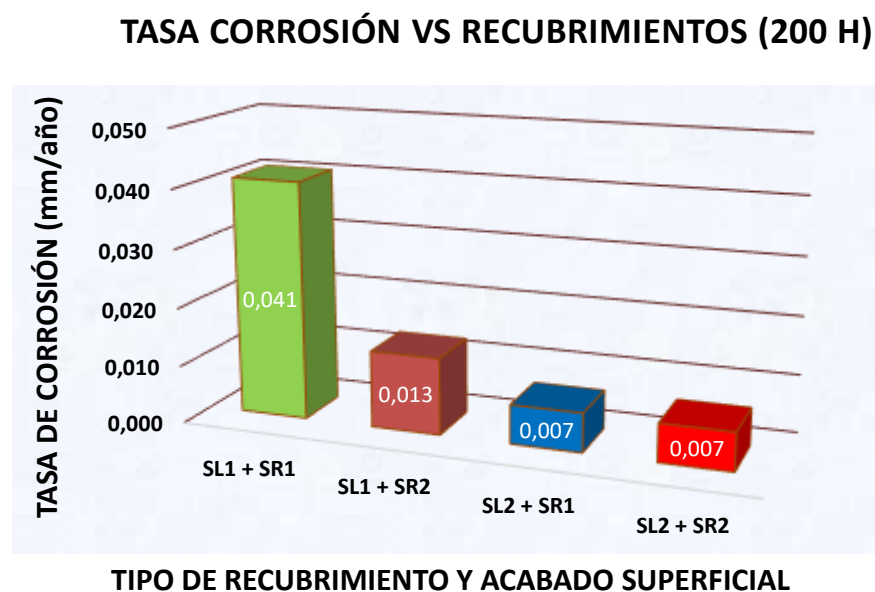
4.2. Fichas de recolección de datos y cálculos de tasa de corrosión

Ficha Técnica 4.1: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión HSLA 1011 Gr 50 – 200 horas.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017							
REGISTRO DE RESULTADOS DE ENSAYO DE CORROSIÓN									
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero: Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos							
Provincia / Ciudad: Tungurahua / Ambato		Cristian Orlando Guilcaso Molina		Norma:		ASTM B117			
Máquina:		Cámara de Niebla Salina SSC 400		Número de Serie:		3477/14			
Fecha de inicio de ensayo:		15/08/2019		Fecha fin de ensayo:		23/08/2019			
Ensayo:		Corrosión acelerada neutra en la CNS		Número de horas de ensayo:		200			
Designación de material:		Acero HSLA 1011 Gr -50							
Método de Limpieza:		SP3 y SP5		Tipo de Recubrimiento:		Epóxico - Poliuretano de HEMPEL y Stop Mate Cromato de zinc de WESCO			
FICHA DE RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATOS VALORES PROMEDIOS									
ITEMS		DIMENSIONES DE LA PROBETA				MASA			CORROSIÓN
Grupo	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm²)	Espesor Inicial (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de corrosión (mm/año)
SL1 + SR1	200	99,39	41,24	40,99	2,07	64,44	64,41	0,030	0,0408
SL1 + SR2	200	100,10	42,24	42,28	2,28	66,93	66,92	0,010	0,0132
SL2 + SR1	200	100,70	41,24	41,53	2,27	62,76	62,76	0,005	0,0067
SL2 + SR2	200	100,35	42,35	42,50	2,27	66,90	66,89	0,005	0,0066
S/R	200	99,88	41,78	41,73	2,00	64,82	64,71	0,110	0,1469

Fuente: Autor

Fig 4.1: Comportamiento de la corrosión del Acero HSLA 1011 Gr – 50 vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados 200 horas



Observaciones.- En el histograma se puede observar que la mayor tasa de corrosión obtenida de 0,0408 mm/año, la sufre la probeta que a su superficie se le ha realizado una limpieza SP 3 “Limpieza manual mecánica” y se le ha proporcionado un recubrimiento Anticorrosivo. Mientras que la menor tasa de corrosión de 0,0066 mm/año se da en aquella probeta que se le ha realizado una limpieza SP 5 “Limpieza con chorro abrasivo” y se le ha proporcionado un recubrimiento bi-capa Epóxico + Poliuretano.

Realizado por: Ing. Cristian Guilcaso

Revisado por: Ing. Francisco Peña

Fuente: Autor

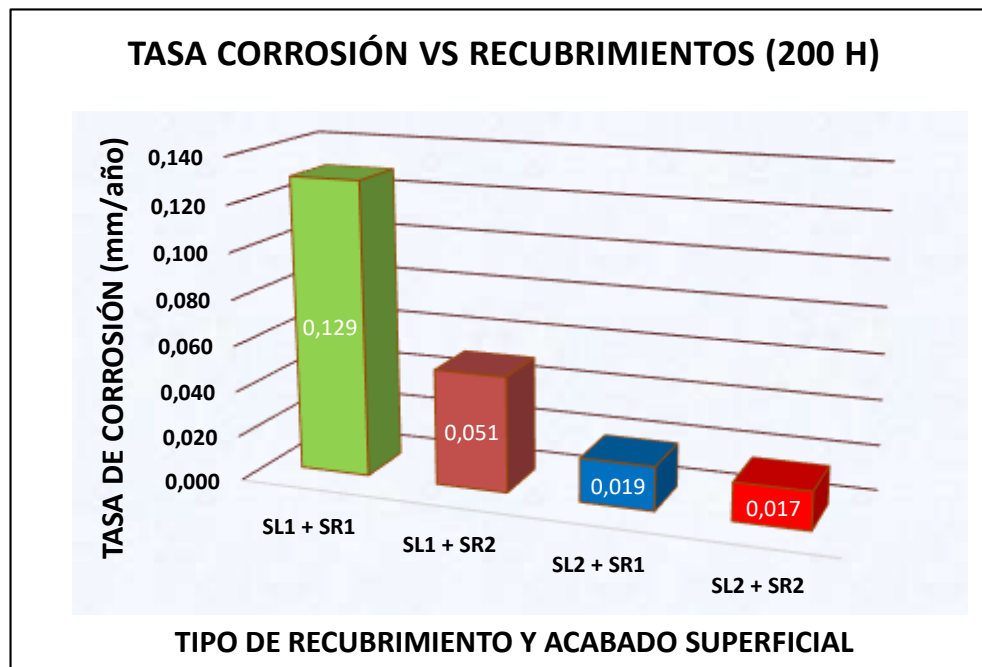
Ficha Técnica 4.2: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión del acero ASTM A - 500 – 200 horas.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO			
REGISTRO DE RESULTADOS DE ENSAYO DE CORROSIÓN				
Lugar/Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero: Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos			
Provincia / Ciudad: Tungurahua / Ambato	Cristian Orlando Guilcaso Molina	Norma:	ASTM B117	
Máquina:	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Número de Serie:	3477/14	
Fecha de inicio de ensayo:	15/08/2019	Fecha fin de ensayo:	23/08/2019	
Ensayo:	Corrosión acelerada neutra en la CNS	Número de horas de ensayo:	200	
Designación de material:	ASTM A-500			
Método de Limpieza:	SP3 y SP5	Tipo de Recubrimiento:	Epóxico - Poliuretano de HEMPEL y Stop Mate Cromato de zinc de WESCO	
FICHA DE RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATOS VALORES PROMEDIOS				

ITEMS		DIMENSIONES DE LA PROBETA				MASA			CORROSIÓN
Grupo	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de corrosión (mm/año)
SL1 + SR1	200	100,31	40,86	40,98	1,90	58,89	58,79	0,095	0,129
SL1 + SR2	200	100,20	40,93	41,00	2,16	60,02	59,98	0,037	0,051
SL2 + SR1	200	100,95	42,91	43,32	2,03	60,26	60,24	0,015	0,019
SL2 + SR2	200	100,47	41,47	41,66	2,18	60,26	60,25	0,012	0,017
S/R	200	100,16	42,51	42,58	1,61	53,45	52,17	1,278	1,672

Fuente: Autor

Fig 4.2: Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A - 500 vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados 200 horas.



Observaciones.- En el histograma se puede observar que la mayor tasa de corrosión obtenida de 0,129 mm/año, la sufre la probeta que a su superficie se le ha realizado una limpieza SP 3 “Limpieza manual mecánica” y se le ha proporcionado un recubrimiento Anticorrosivo. Mientras que la menor tasa de corrosión de 0,0168 mm/año se da en aquella probeta que se le ha realizado una limpieza SP 5 “Limpieza con chorro abrasivo” y se le ha proporcionado un recubrimiento bi-capa Epóxico + Poliuretano.

Realizado por: Ing. Cristian Guilcaso

Revisado por: Ing. Francisco Peña

Fuente: Autor

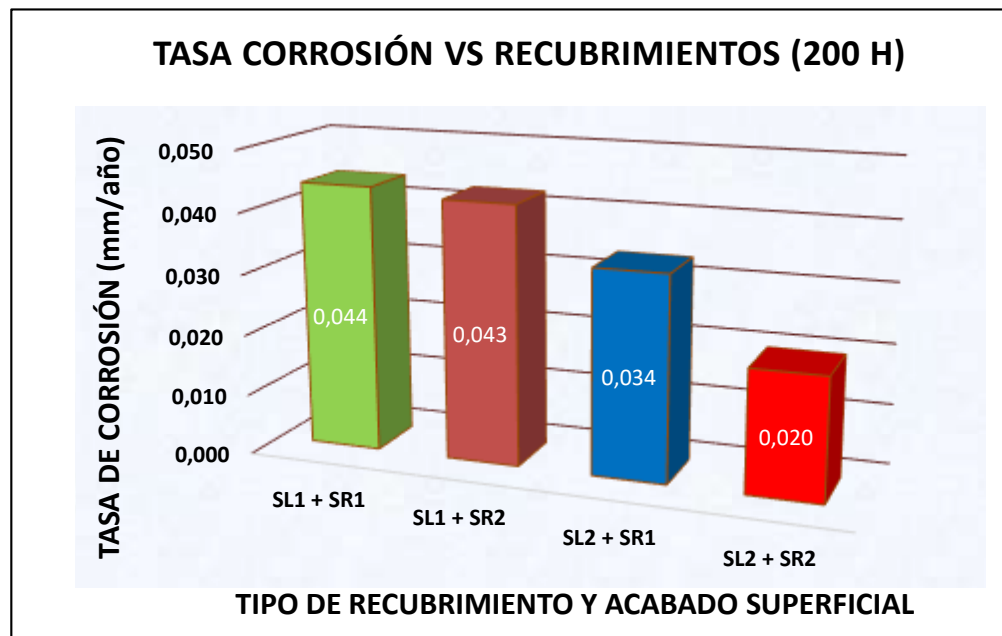
Ficha Técnica 4.3: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión del acero ASTM A – 500 Galvanizado – 200 horas.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO			
REGISTRO DE RESULTADOS DE ENSAYO DE CORROSIÓN					
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero: Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos			
Provincia / Ciudad: Tungurahua / Ambato		Cristian Orlando Guilcaso Molina	Norma:		ASTM B117
Máquina:		Cámara de Niebla Salina SSC 400	Número de Serie:		3477/14
Fecha de inicio de ensayo:		15/08/2019	Fecha fin de ensayo:		23/08/2019
Ensayo:		Corrosión acelerada neutra en la CNS	Número de horas de ensayo:		200
Designación de material:		ASTM A - 500 Galvanizado			
Método de Limpieza:		SP3 y SP5	Tipo de Recubrimiento:		Epóxico - Poliuretano de HEMPEL y Stop Mate Cromato de zinc de WESCO
FICHA DE RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATOS VALORES PROMEDIOS					

ITEMS		DIMENSIONES DE LA PROBETA				MASA			CORROSIÓN
Grupo	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de corrosión (mm/año)
SL1 + SR1	200,00	100,50	41,15	41,35	2,02	60,65	60,62	0,032	0,044
SL1 + SR2	200,00	100,20	42,48	42,56	2,31	67,40	67,36	0,032	0,043
SL2 + SR1	200,00	100,16	41,41	41,48	2,18	61,65	61,63	0,025	0,034
SL2 + SR2	200,00	100,13	41,49	41,54	2,23	61,36	61,34	0,015	0,020
S/R	200,00	100,14	41,34	41,40	1,86	60,30	59,90	0,398	0,535

Fuente: Autor

Fig 4.3: Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A - 500 galvanizado vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados 200 horas.



Observaciones.- En el histograma se puede observar que la mayor tasa de corrosión obtenida de 0,0439 mm/año, la sufre la probeta que a su superficie se le ha realizado una limpieza SP 3 “Limpieza manual mecánica” y se le ha proporcionado un recubrimiento Anticorrosivo. Mientras que la menor tasa de corrosión de 0,0201 mm/año se da en aquella probeta que se le ha realizado una limpieza SP 5 “Limpieza con chorro abrasivo” y se le ha proporcionado un recubrimiento bi-capa Epóxico + Poliuretano. No se puede dejar de mencionar que la corrosión para la probeta de SL1 + SR2 también ha sufrido un efecto importante en pérdida de masa.

Realizado por: Ing. Cristian Guilcaso

Revisado por: Ing. Francisco Peña

Fuente: Autor

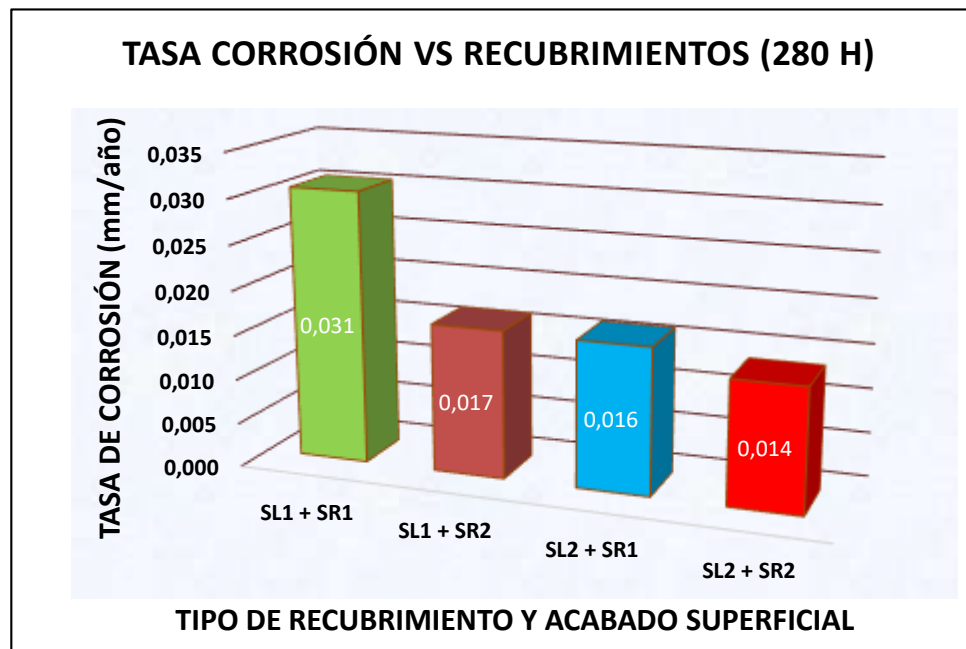
Ficha Técnica 4.4: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión del acero HSLA 1011 Gr - 50 – 280 horas.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO		
REGISTRO DE RESULTADOS DE ENSAYO DE CORROSIÓN			
Lugar/Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero: Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos		
Provincia / Ciudad: Tungurahua / Ambato	Cristian Orlando Guilcaso Molina	Norma:	ASTM B117
Máquina:	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Número de Serie:	3477/14
Fecha de inicio de ensayo:	15/08/2019	Fecha fin de ensayo:	27/08/2019
Ensayo:	Corrosión acelerada neutra en la CNS	Número de horas de ensayo:	280
Designación de material:	Acero HSLA 1011 Gr -50		
Método de Limpieza:	SP3 y SP5	Tipo de Recubrimiento:	Epóxico - Poliuretano de HEMPEL y Stop Mate Cromato de zinc de WESCO
FICHA DE RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATOS VALORES PROMEDIOS			

ITEMS		DIMENSIONES DE LA PROBETA				MASA			CORROSIÓN
Grupo	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de corrosión (mm/año)
SL1 + SR1	280,00	100,27	42,24	42,35	2,17	66,47	66,44	0,032	0,031
SL1 + SR2	280,00	100,08	41,84	41,88	2,38	67,13	67,11	0,017	0,017
SL2 + SR1	280,00	100,48	42,22	42,42	2,37	64,81	64,79	0,017	0,016
SL2 + SR2	280,00	101,28	42,56	43,10	2,23	66,64	66,62	0,015	0,014
S/R	280,00	100,26	41,47	41,58	2,03	65,47	65,39	0,078	0,074

Fuente: Autor

Fig 4.4: Comportamiento de la corrosión del Acero HSLA 1011 Gr – 50 vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados para 280 horas.



Observaciones.- En el histograma se puede observar que la mayor tasa de corrosión obtenida de 0,0311 mm/año, la sufre la probeta que a su superficie se le ha realizado una limpieza SP 3 “Limpieza manual mecánica” y se le ha proporcionado un recubrimiento Anticorrosivo. Mientras que la menor tasa de corrosión de 0,0141 mm/año se da en aquella probeta que se le ha realizado una limpieza SP 5 “Limpieza con chorro abrasivo” y se le ha proporcionado un recubrimiento bi-capa Epóxico + Poliuretano.

Realizado por: Ing. Cristian Guilcaso

Revisado por: Ing. Francisco Peña

Fuente: Autor

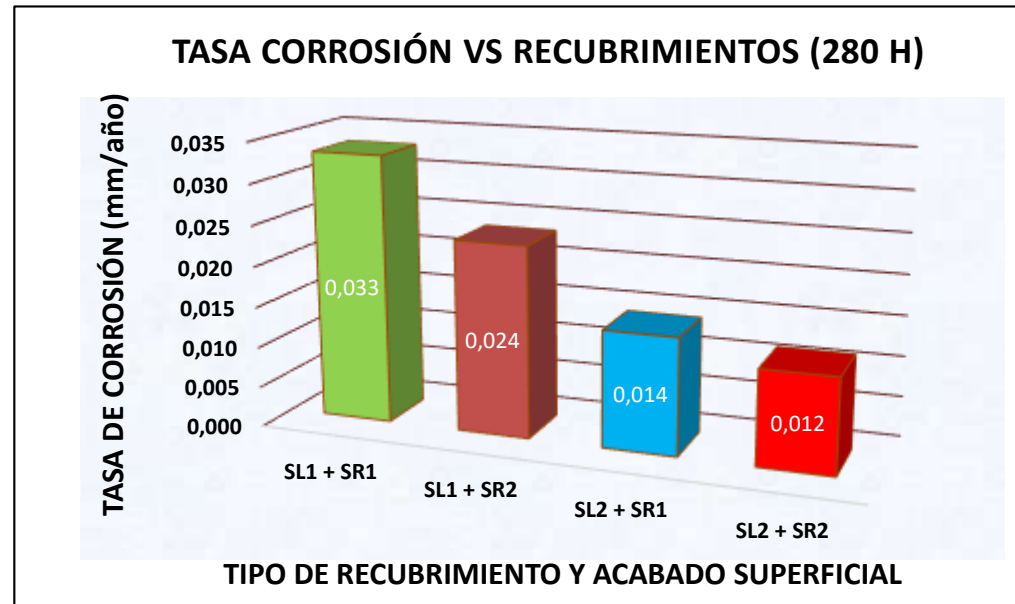
Ficha Técnica 4.5: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión del acero ASTM A - 500 – 280 horas.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO		
REGISTRO DE RESULTADOS DE ENSAYO DE CORROSIÓN			
Lugar/Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero: Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos		
Provincia / Ciudad: Tungurahua / Ambato	Cristian Orlando Guilcaso Molina	Norma:	ASTM B117
Máquina:	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Número de Serie:	3477/14
Fecha de inicio de ensayo:	15/08/2019	Fecha fin de ensayo:	27/08/2019
Ensayo:	Corrosión acelerada neutra en la CNS	Número de horas de ensayo:	280
Designación de material:	Acero ASTM A - 500		
Método de Limpieza:	SP3 y SP5	Tipo de Recubrimiento:	Epóxico - Poliuretano de HEMPEL y Stop Mate Cromato de zinc de WESCO
FICHA DE RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATOS VALORES PROMEDIOS			

ITEMS		DIMENSIONES DE LA PROBETA				MASA			CORROSIÓN
Grupo	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de corrosión (mm/año)
SL1 + SR1	280,00	100,19	41,98	42,06	2,04	61,09	61,05	0,035	0,033
SL1 + SR2	280,00	100,31	42,05	42,18	2,30	61,73	61,70	0,025	0,024
SL2 + SR1	280,00	100,21	41,45	41,53	2,36	60,88	60,87	0,015	0,014
SL2 + SR2	280,00	100,57	42,30	42,54	2,16	58,38	58,37	0,012	0,012
S/R	280,00	100,24	41,37	41,47	1,95	59,83	57,65	2,180	2,092

Fuente: Autor

Fig 4.5: Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A - 500 vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados para 280 horas.



Observaciones.- En el histograma se puede observar que la mayor tasa de corrosión obtenida de 0,0334 mm/año, la sufre la probeta que a su superficie se le ha realizado una limpieza SP 3 “Limpieza manual mecánica” y se le ha proporcionado un recubrimiento Anticorrosivo. Mientras que la menor tasa de corrosión de 0,0117 mm/año se da en aquella probeta que se le ha realizado una limpieza SP 5 “Limpieza con chorro abrasivo” y se le ha proporcionado un recubrimiento bi-capa Epóxico + Poliuretano.

Realizado por: Ing. Cristian Guilcaso

Revisado por: Ing. Francisco Peña

Fuente: Autor

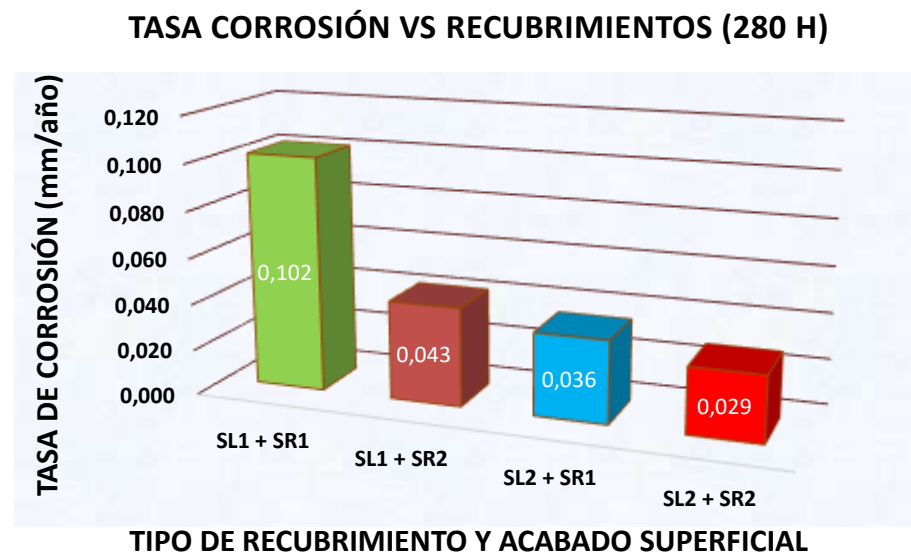
Ficha Técnica 4.6: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión del acero ASTM A - 500 Galvanizado – 280 horas.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO			
REGISTRO DE RESULTADOS DE ENSAYO DE CORROSIÓN					
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero: Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos			
Provincia / Ciudad: Tungurahua / Ambato		Cristian Orlando Guilcaso Molina		Norma: ASTM B117	
Máquina:		Cámara de Niebla Salina SSC 400		Número de Serie: 3477/14	
Fecha de inicio de ensayo:		15/08/2019		Fecha fin de ensayo: 27/08/2019	
Ensayo:		Corrosión acelerada neutra en la CNS		Número de horas de ensayo: 280	
Designación de material:		Acero ASTM A - 500 Galvanizado			
Método de Limpieza:		SP3 y SP5		Tipo de Recubrimiento: Epóxico - Poliuretano de HEMPEL y Stop Mate Cromato de zinc de WESCO	
FICHA DE RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATOS VALORES PROMEDIOS					

ITEMS		DIMENSIONES DE LA PROBETA				MASA			CORROSIÓN
Grupo	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de corrosión (mm/año)
SL1 + SR1	280,00	100,52	40,92	41,13	2,02	60,15	60,05	0,105	0,102
SL1 + SR2	280,00	100,55	41,49	41,71	2,18	62,30	62,25	0,045	0,043
SL2 + SR1	280,00	100,19	41,47	41,55	2,39	64,93	64,90	0,038	0,036
SL2 + SR2	280,00	100,43	41,52	41,69	2,27	61,73	61,70	0,030	0,029
S/R	280,00	100,36	40,66	40,81	1,91	59,34	58,89	0,447	0,436

Fuente: Autor

Fig 4.6: Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A - 500 Galvanizado vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados 280 horas.



Observaciones.- En el histograma se puede observar que la mayor tasa de corrosión obtenida de 0,1017 mm/año, la sufre la probeta que a su superficie se le ha realizado una limpieza SP 3 “Limpieza manual mecánica” y se le ha proporcionado un recubrimiento Anticorrosivo. Mientras que la menor tasa de corrosión de 0,0288 mm/año se da en aquella probeta que se le ha realizado una limpieza SP 5 “Limpieza con chorro abrasivo” y se le ha proporcionado un recubrimiento bi-capa Epóxico + Poliuretano. Se observa que en la mayoría de los casos el recubrimiento 1 es el más afectado en los ensayos.

Realizado por: Ing. Cristian Guilcaso

Revisado por: Ing. Francisco Peña

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.7: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión del acero HSLA 1011 Gr - 50 – 380 horas.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO			
REGISTRO DE RESULTADOS DE ENSAYO DE CORROSIÓN				
Lugar/Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero: Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos			
Provincia / Ciudad: Tungurahua / Ambato	Cristian Orlando Guilcaso Molina	Norma:	ASTM B117	
Máquina:	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Número de Serie:	3477/14	
Fecha de inicio de ensayo:	29/07/2019	Fecha fin de ensayo:	14/08/2019	
Ensayo:	Corrosión acelerada neutra en la CNS	Número de horas de ensayo:	380	
Designación de material:	Acero HSLA 1011 Gr -50			
Método de Limpieza:	SP3 y SP5	Tipo de Recubrimiento:	Epóxico - Poliuretano de HEMPEL y Stop Mate Cromato de zinc de WESCO	
FICHA DE RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATOS VALORES PROMEDIO				

ITEMS		DIMENSIONES DE LA PROBETA				MASA			CORROSIÓN
Grupo	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de corrosión (mm/año)
SL1 + SR1	380,00	100,39	42,13	42,29	2,19	66,01	65,88	0,1275	0,0884
SL1 + SR2	380,00	100,98	42,75	43,17	2,51	68,94	68,90	0,0400	0,0272
SL2 + SR1	380,00	101,04	42,26	42,69	2,35	64,15	64,13	0,0200	0,0137
SL2 + SR2	380,00	100,15	42,12	42,18	2,42	66,79	66,77	0,0200	0,0139
S/R	380,00	100,21	42,16	42,24	2,10	65,54	65,51	0,0250	0,0174

Fuente: Autor

Fig 4.7: Comportamiento de la corrosión del Acero HSLA 1011 Gr – 50 vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados para 380 horas.



Observaciones.- En el histograma se puede observar que la mayor tasa de corrosión obtenida de 0,0881 mm/año, la sufre la probeta que a su superficie se le ha realizado una limpieza SP 3 “Limpieza manual mecánica” y se le ha proporcionado un recubrimiento Anticorrosivo. Mientras que la menor tasa de corrosión de 0,0137 mm/año se da en aquella probeta que se le ha realizado una limpieza SP 5 “Limpieza con chorro abrasivo” y se le ha proporcionado un recubrimiento Anticorrosivo. Para este caso especial se ve una pequeña diferencia entre los sistemas SL2 + SR1 y SL2 + SR2 tienen comportamientos similares.

Realizado por: Ing. Cristian Guilcaso

Revisado por: Ing. Francisco Peña

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.8: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión del acero ASTM A - 500 – 380 horas.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO			
REGISTRO DE RESULTADOS DE ENSAYO DE CORROSIÓN				
Lugar/Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero: Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos			
Provincia / Ciudad: Tungurahua / Ambato	Cristian Orlando Guilcaso Molina	Norma:	ASTM B117	
Máquina:	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Número de Serie:	3477/14	
Fecha de inicio de ensayo:	29/07/2019	Fecha fin de ensayo:	14/08/2019	
Ensayo:	Corrosión acelerada neutra en la CNS	Número de horas de ensayo:	380	
Designación de material:	Acero ASTM A - 500			
Método de Limpieza:	SP3 y SP5	Tipo de Recubrimiento:	Epóxico - Poliuretano de HEMPEL y Stop Mate Cromato de zinc de WESCO	
FICHA DE RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATOS				

ITEMS		DIMENSIONES DE LA PROBETA				MASA			CORROSIÓN
Grupo	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de corrosión (mm/año)
SL1 + SR1	380,00	100,20	41,59	41,67	2,03	60,03	59,83	0,197	0,139
SL1 + SR2	380,00	100,33	41,21	41,35	2,35	60,27	60,24	0,028	0,020
SL2 + SR1	380,00	100,62	41,65	41,90	2,34	62,37	62,33	0,047	0,033
SL2 + SR2	380,00	100,22	41,17	41,26	2,24	59,97	59,94	0,028	0,020
S/R	380,00	100,24	41,01	41,11	1,92	58,87	56,64	2,235	1,594

Fuente: Autor

Fig 4.8: Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A - 500 vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados para 380 horas.



Observaciones.- En el histograma se puede observar que la mayor tasa de corrosión obtenida de 0,1379 mm/año, la sufre la probeta que a su superficie se le ha realizado una limpieza SP 3 “Limpieza manual mecánica” y se le ha proporcionado un recubrimiento Anticorrosivo. Mientras que la menor tasa de corrosión de 0,0195 mm/año se da en dos casos en particular tanto para el sistema limpieza SP 3 “Limpieza manual mecánica” con recubrimiento Epóxico, así como para la probeta cuyo sistema de limpieza aplicado es SP5 con un recubrimiento epóxico. Es decir el recubrimiento epóxico es el que le está dando mayor resistencia a la corrosión.

Realizado por: Ing. Cristian Guilcaso

Revisado por: Ing. Francisco Peña

Fuente: Autor

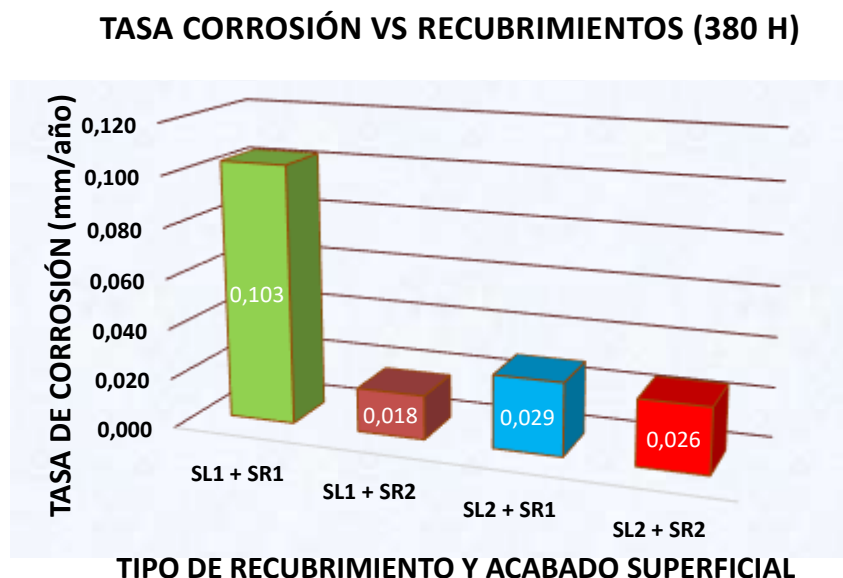
Ficha Técnica 4.9: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión del acero ASTM A - 500 Galvanizado – 380 horas.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO		
REGISTRO DE RESULTADOS DE ENSAYO DE CORROSIÓN			
Lugar/Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero: Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos		
Provincia / Ciudad: Tungurahua / Ambato	Cristian Orlando Guilcaso Molina	Norma:	ASTM B117
Máquina:	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Número de Serie:	3477/14
Fecha de inicio de ensayo:	29/07/2019	Fecha fin de ensayo:	14/08/2019
Ensayo:	Corrosión acelerada neutra en la CNS	Número de horas de ensayo:	380
Designación de material:	Acero ASTM A - 500 Galvanizado		
Método de Limpieza:	SP3 y SP5	Tipo de Recubrimiento:	Epóxico - Poliuretano de HEMPEL y Stop Mate Cromato de zinc de WESCO
FICHA DE RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATOS			

ITEMS		DIMENSIONES DE LA PROBETA				MASA			CORROSIÓN
Grupo	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de corrosión (mm/año)
SL1 + SR1	380,00	100,55	41,04	41,26	2,10	60,28	60,14	0,145	0,103
SL1 + SR2	380,00	100,23	41,69	41,78	2,32	62,03	62,00	0,025	0,018
SL2 + SR1	380,00	101,21	42,39	42,90	2,46	67,24	67,20	0,043	0,029
SL2 + SR2	380,00	101,15	41,68	42,16	2,24	61,28	61,25	0,038	0,026
S/R	380,00	100,23	40,25	40,34	1,94	58,45	58,25	0,195	0,142

Fuente: Autor

Fig 4.9: Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A - 500 Galvanizado vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados para 380 horas.



Observaciones.- En el histograma se puede observar que la mayor tasa de corrosión obtenida de 0,1031 mm/año, la sufre la probeta que a su superficie se le ha realizado una limpieza SP 3 “Limpieza manual mecánica” y se le ha proporcionado un recubrimiento Anticorrosivo. Mientras que la menor tasa de corrosión de 0,0175 mm/año se ha dado de manera especial en la probeta cuyo sistema de limpieza aplicado es la SP3 “Limpieza manual mecánica” con un recubrimiento epóxico. También se puede mencionar que las probetas que se les ha realizado la limpieza superficial mediante chorro abrasivo presentan una buena resistencia a la corrosión sin tener tanta variación.

Realizado por: Ing. Cristian Guilcaso

Revisado por: Ing. Francisco Peña

Fuente: Autor

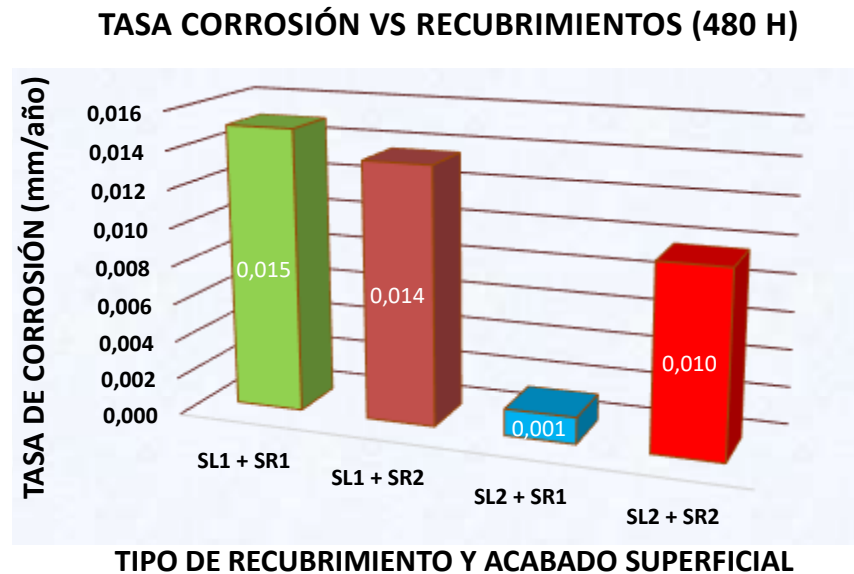
Ficha Técnica 4.10: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión del acero HSLA 1011 Gr - 50 – 480 horas.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO			
REGISTRO DE RESULTADOS DE ENSAYO DE CORROSIÓN				
Lugar/Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero: Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos			
Provincia / Ciudad: Tungurahua / Ambato	Cristian Orlando Guilcaso Molina	Norma:	ASTM B117	
Máquina:	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Número de Serie:	3477/14	
Fecha de inicio de ensayo:	24/07/2019	Fecha fin de ensayo:	14/08/2019	
Ensayo:	Corrosión acelerada neutra en la CNS	Número de horas de ensayo:	480	
Designación de material:	Acero HSLA 1011 Gr -50			
Método de Limpieza:	SP3 y SP5	Tipo de Recubrimiento:	Epóxico - Poliuretano de HEMPEL y Stop Mate Cromato de zinc de WESCO	
FICHA DE RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATOS				

ITEMS		DIMENSIONES DE LA PROBETA				MASA			CORROSIÓN
Grupo	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de corrosión (mm/año)
SL1 + SR1	480,00	100,09	42,55	42,59	2,17	66,25	66,22	0,0275	0,0150
SL1 + SR2	480,00	100,24	42,54	42,64	2,47	67,96	67,94	0,0250	0,0136
SL2 + SR1	480,00	100,62	40,96	41,21	2,34	62,77	62,77	0,0025	0,0014
SL2 + SR2	480,00	99,60	41,90	41,73	2,38	65,96	65,94	0,0175	0,0097
S/R	480,00	100,07	41,56	41,59	2,09	64,84	64,84	0,0000	0,0000

Fuente: Autor

Fig 4.10: Comportamiento de la corrosión del Acero HSLA 1011 Gr – 50 vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados para 480 horas.



Observaciones.- En el histograma se puede observar que la mayor tasa de corrosión obtenida de 0,0149 mm/año, la sufre la probeta que a su superficie se le ha realizado una limpieza SP 3 “Limpieza manual mecánica” y se le ha proporcionado un recubrimiento Anticorrosivo. Mientras que la menor tasa de corrosión de 0,0014 mm/año se ha dado de manera especial en la probeta cuyo sistema de limpieza aplicado es la SP5 “Limpieza de chorro abrasivo” con recubrimiento anticorrosivo esto se debe a la buena adherencia entre sustrato y recubrimiento.

Realizado por: Ing. Cristian Guilcaso

Revisado por: Ing. Francisco Peña

Fuente: Autor

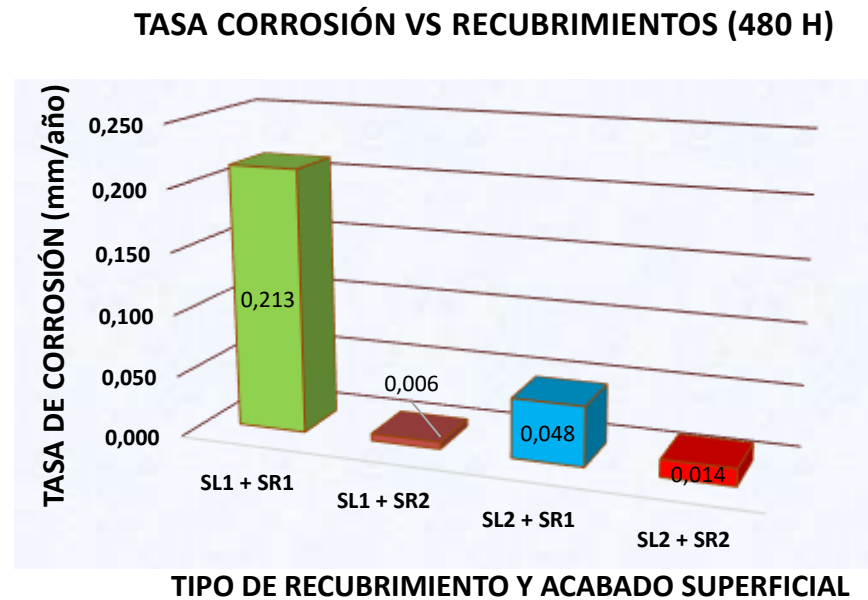
Ficha Técnica 4.11: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión del acero ASTM A – 500 – 480 horas.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO			
REGISTRO DE RESULTADOS DE ENSAYO DE CORROSIÓN				
Lugar/Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero: Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos			
Provincia / Ciudad: Tungurahua / Ambato	Cristian Orlando Guilcaso Molina	Norma:	ASTM B117	
Máquina:	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Número de Serie:	3477/14	
Fecha de inicio de ensayo:	24/07/2019	Fecha fin de ensayo:	14/08/2019	
Ensayo:	Corrosión acelerada neutra en la CNS	Número de horas de ensayo:	480	
Designación de material:	Acero ASTM A - 500			
Método de Limpieza:	SP3 y SP5	Tipo de Recubrimiento:	Epóxico - Poliuretano de HEMPEL y Stop Mate Cromato de zinc de WESCO	
FICHA DE RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATOS				

ITEMS		DIMENSIONES DE LA PROBETA				MASA			CORROSIÓN
Grupo	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de corrosión (mm/año)
SL1 + SR1	480,00	100,49	41,74	41,95	2,04	60,22	59,83	0,385	0,213
SL1 + SR2	480,00	100,06	41,21	41,23	2,31	60,12	60,11	0,010	0,006
SL2 + SR1	480,00	100,63	40,73	40,98	2,33	60,87	60,78	0,085	0,048
SL2 + SR2	480,00	99,99	41,82	41,81	2,22	60,96	60,93	0,025	0,014
S/R	480,00	100,15	41,60	41,66	1,98	59,94	59,77	0,165	0,092

Fuente: Autor

Fig 4.11: Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A - 500 vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados para 480 horas.



Observaciones.- En el histograma se puede observar que la mayor tasa de corrosión obtenida de 0,2119 mm/año, la sufre la probeta que a su superficie se le ha realizado una limpieza SP 3 “Limpieza manual mecánica” y se le ha proporcionado un recubrimiento Anticorrosivo. Mientras que la menor tasa de corrosión de 0,0057 mm/año se ha dado de manera especial en la probeta cuyo sistema de limpieza aplicado es la SP3 “Limpieza manual mecánica” con recubrimiento epóxico. En este caso el recubrimiento está brindando buena protección al metal base.

Realizado por: Ing. Cristian Guilcaso

Revisado por: Ing. Francisco Peña

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.12: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión del acero ASTM A – 500 Galvanizado – 480 horas.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO		
REGISTRO DE RESULTADOS DE ENSAYO DE CORROSIÓN			
Lugar/Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero: Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos		
Provincia / Ciudad: Tungurahua / Ambato	Cristian Orlando Guilcaso Molina	Norma:	ASTM B117
Máquina:	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Número de Serie:	3477/14
Fecha de inicio de ensayo:	24/07/2019	Fecha fin de ensayo:	14/08/2019
Ensayo:	Corrosión acelerada neutra en la CNS	Número de horas de ensayo:	480
Designación de material:	Acero ASTM A - 500 Galvanizado		
Método de Limpieza:	SP3 y SP5	Tipo de Recubrimiento:	Epóxico - Poliuretano de HEMPEL y Stop Mate Cromato de zinc de WESCO
FICHA DE RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATOS			

ITEMS		DIMENSIONES DE LA PROBETA				MASA			CORROSIÓN
Grupo	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de corrosión (mm/año)
SL1 + SR1	480,00	100,19	41,21	41,29	2,05	60,53	60,38	0,153	0,086
SL1 + SR2	480,00	100,31	40,86	40,99	2,36	61,16	61,15	0,015	0,008
SL2 + SR1	480,00	100,73	42,29	42,59	2,44	67,32	67,27	0,050	0,027
SL2 + SR2	480,00	100,06	41,33	41,36	2,25	60,95	60,94	0,010	0,006
S/R	480,00	100,57	40,52	40,75	1,96	59,49	59,40	0,083	0,047

Fuente: Autor

Fig 4.12: Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A - 500 Galvanizado vs los diferentes sistemas de limpieza y recubrimientos aplicados para 480 horas.



Observaciones.- En el histograma se puede observar que la mayor tasa de corrosión obtenida de 0,086 mm/año, la sufre la probeta que a su superficie se le ha realizado una limpieza SP 3 “Limpieza manual mecánica” y se le ha proporcionado un recubrimiento Anticorrosivo. Mientras que la menor tasa de corrosión de 0,0056 mm/año regresa a la tendencia de la probeta cuyo sistema de limpieza aplicado es la SP5 “Limpieza de chorro abrasivo” con recubrimiento epóxico. En este caso el recubrimiento junto con la adherencia del perfil de anclaje está brindando buena protección al metal base.

Realizado por: Ing. Cristian Guilcaso

Revisado por: Ing. Francisco Peña

Fuente: Autor

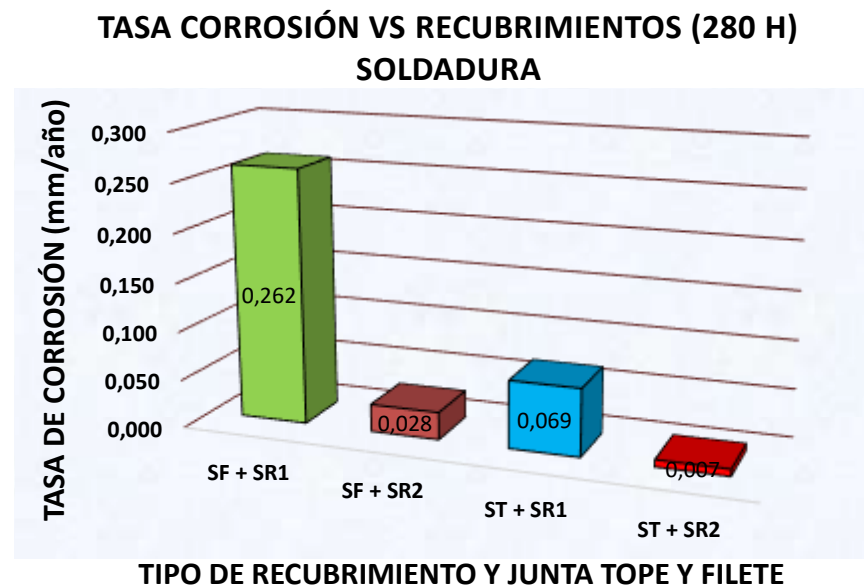
Ficha Técnica 4.13: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión del acero HSLA 1011 Gr - 50 – 280 horas. Soldadas.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO		
REGISTRO DE RESULTADOS DE ENSAYO DE CORROSIÓN			
Lugar/Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero: Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos		
Provincia / Ciudad: Tungurahua / Ambato	Cristian Orlando Guilcaso Molina	Norma:	ASTM B117
Máquina:	Cámara de Niebla Salina SSC 400	Número de Serie:	3477/14
Fecha de inicio de ensayo:	06/08/2019	Fecha fin de ensayo:	18/08/2019
Ensayo:	Corrosión acelerada neutra en la CNS	Número de horas de ensayo:	280
Designación de material:	Acero HSLA 1011 Gr -50		
Tipo de Junta:	Filete - Tope	Tipo de Recubrimiento:	Epóxico - Poliuretano de HEMPEL y Stop Mate Cromato de zinc de WESCO
FICHA DE RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATOS			

ITEMS		DIMENSIONES DE LA PROBETA				MASA			CORROSIÓN
Grupo	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	Espesor Inicial (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de corrosión (mm/año)
SF + SR1	280,00	85,86	41,16	35,34	2,17	57,14	56,90	0,232	0,262
SF + SR2	280,00	85,77	41,20	35,34	2,32	57,77	57,75	0,025	0,028
ST + SR1	280,00	100,48	39,99	40,18	2,09	60,58	60,51	0,070	0,069
ST + SR2	280,00	99,98	41,39	41,38	2,27	66,97	66,96	0,008	0,007
SF + S/R	280,00	86,57	41,18	35,65	2,06	58,28	58,27	0,015	0,017
ST + S/R	280,00	100,61	42,01	42,26	2,08	67,63	67,60	0,035	0,033

Fuente: Autor

Fig 4.13: Comportamiento de la corrosión del Acero HSLA 1011 – Gr: 50 vs los diferentes sistemas de recubrimientos con juntas a filete y tope para 280 horas.



Observaciones.- En el histograma se puede observar que la mayor tasa de corrosión obtenida de 0,262 mm/año, la sufre la probeta que se le ha realizado una soldadura tipo filete y se le ha proporcionado un recubrimiento Anticorrosivo. Mientras que la menor tasa de corrosión de 0,0073 mm/año se da a la probeta cuya soldadura es a tope con recubrimiento epóxico. En este caso el recubrimiento brinda buena protección al metal base. Se suscita lo que se esperaba ya que las probetas soldadas a filete provocan la acumulación de los productos que generan el aumento del valor de la corrosión.

Realizado por: Ing. Cristian Guilcaso

Revisado por: Ing. Francisco Peña

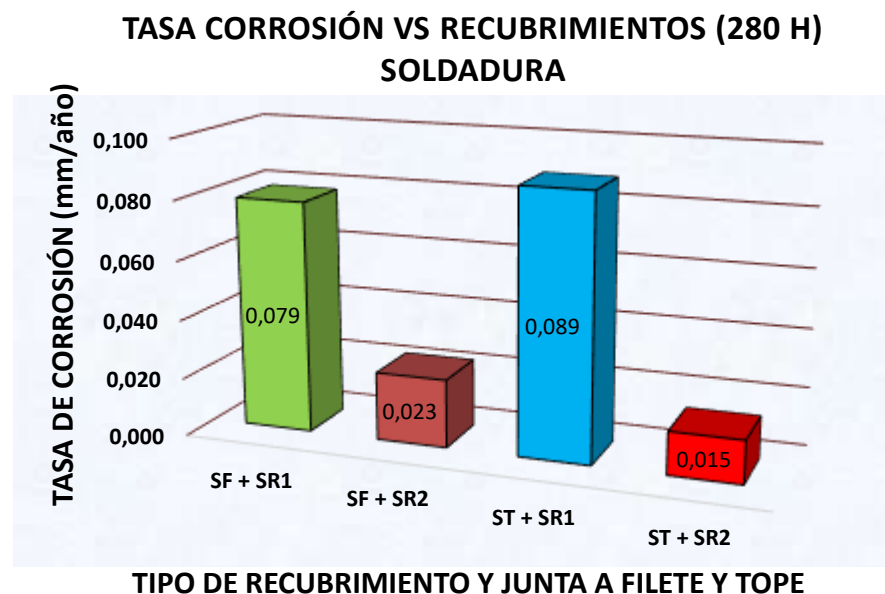
Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.14: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión del acero ASTM A - 500 – 280 horas. Soldadas.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO							
REGISTRO DE RESULTADOS DE ENSAYO DE CORROSIÓN									
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero: Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos							
Provincia / Ciudad: Tungurahua / Ambato		Cristian Orlando Guilcaso Molina			Norma:		ASTM B117		
Máquina:		Cámara de Niebla Salina SSC 400			Número de Serie:		3477/14		
Fecha de inicio de ensayo:		06/08/2019			Fecha fin de ensayo:		18/08/2019		
Ensayo:		Corrosión acelerada neutra en la CNS			Número de horas de ensayo:		280		
Designación de material:		Acero ASTM A - 500							
Tipo de Junta:		Filete - Tope			Tipo de Recubrimiento:		Epóxico - Poliuretano de HEMPEL y Stop Mate Cromato de zinc de WESCO		
FICHA DE RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATOS									
ITEMS		DIMENSIONES DE LA PROBETA				MASA			CORROSIÓN
Grupo	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm²)	Espesor Inicial (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de corrosión (mm/año)
SF + SR1	280,000	104,223	41,324	43,069	2,113	63,998	63,913	0,085	0,079
SF + SR2	280,000	103,858	41,200	42,789	2,228	63,898	63,873	0,025	0,023
ST + SR1	280,000	100,343	41,363	41,504	2,073	63,583	63,490	0,093	0,089
ST + SR2	280,000	99,060	41,318	40,929	2,190	62,790	62,775	0,015	0,015
SF + S/R	280,000	103,775	41,469	43,034	1,975	63,495	62,105	1,390	1,286
ST + S/R	280,000	100,205	41,265	41,350	1,948	61,688	60,420	1,268	1,220

Fuente: Autor

Fig 4.14: Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A -500 vs los diferentes sistemas de recubrimientos con juntas a filete y tope para 280 horas.



Observaciones.- En el histograma se puede observar que la mayor tasa de corrosión obtenida de 0,0886 mm/año, la sufre la probeta que se le ha realizado una soldadura tipo tope y se le ha proporcionado un recubrimiento Anticorrosivo. Mientras que la menor tasa de corrosión de 0,0146 mm/año se da a la probeta cuya soldadura es a tope con recubrimiento epóxico. En este caso el recubrimiento brinda buena protección al metal base.

Realizado por: Ing. Cristian Guilcaso

Revisado por: Ing. Francisco Peña

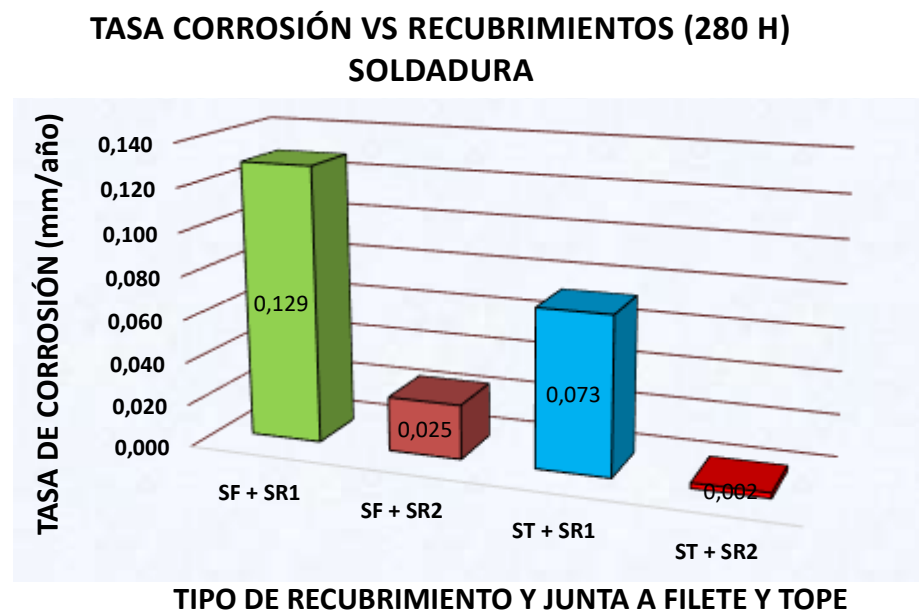
Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.15: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión del acero ASTM A - 500 Galvanizado – 280 horas. Soldadas

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO							
REGISTRO DE RESULTADOS DE ENSAYO DE CORROSIÓN									
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero: Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos							
Provincia / Ciudad: Tungurahua / Ambato		Cristian Orlando Guilcaso Molina			Norma:		ASTM B117		
Máquina:		Cámara de Niebla Salina SSC 400			Número de Serie:		3477/14		
Fecha de inicio de ensayo:		06/08/2019			Fecha fin de ensayo:		18/08/2019		
Ensayo:		Corrosión acelerada neutra en la CNS			Número de horas de ensayo:		280		
Designación de material:		Acero ASTM A - 500 Galvanizado							
Tipo de Junta:		Filete - Tope			Tipo de Recubrimiento:		Epóxico - Poliuretano de HEMPEL y Stop Mate Cromato de zinc de WESCO		
FICHA DE RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATOS									
ITEMS		DIMENSIONES DE LA PROBETA				MASA			CORROSIÓN
Grupo	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm²)	Espesor Inicial (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de corrosión (mm/año)
SF + SR1	280,00	104,91	41,29	43,32	2,12	65,61	65,47	0,140	0,129
SF + SR2	280,00	104,10	41,52	43,22	2,18	67,14	67,12	0,027	0,025
ST + SR1	280,00	100,82	40,38	40,71	2,07	62,26	62,18	0,075	0,073
ST + SR2	280,00	100,92	40,26	40,63	2,19	63,63	63,63	0,002	0,002
SF + S/R	280,00	104,51	41,41	43,27	1,94	64,61	64,27	0,333	0,306
ST + S/R	280,00	95,32	41,18	39,25	1,96	59,44	59,06	0,375	0,380

Fuente: Autor

Fig 4.15: Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A -500 Galvanizado vs los diferentes sistemas de recubrimientos con juntas a filete y tope para 280 horas.



Observaciones.- En el histograma se puede observar que la mayor tasa de corrosión obtenida de 0,1284 mm/año, la sufre la probeta que se le ha realizado una soldadura tipo filete y se le ha proporcionado un recubrimiento Anticorrosivo. Mientras que la menor tasa de corrosión de 0,0025 mm/año se da a la probeta cuya soldadura es a tope con recubrimiento epóxico. En este caso el recubrimiento brinda buena protección al metal base.

Realizado por: Ing. Cristian Guilcaso

Revisado por: Ing. Francisco Peña

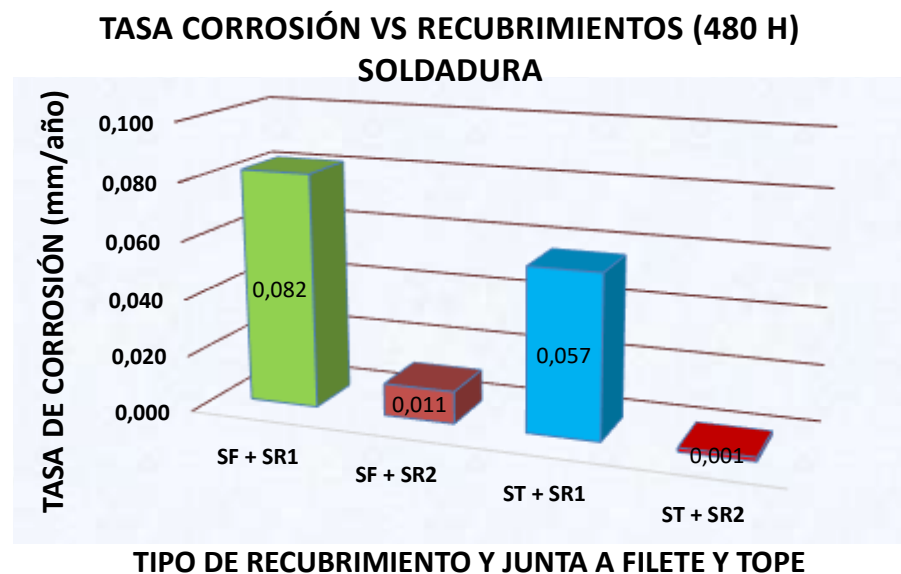
Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.16: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión del acero HSLA 1011 Gr - 50 – 480 horas. Soldadas

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO							
REGISTRO DE RESULTADOS DE ENSAYO DE CORROSIÓN									
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero: Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos							
Provincia / Ciudad: Tungurahua / Ambato		Cristian Orlando Guilcaso Molina			Norma:		ASTM B117		
Máquina:		Cámara de Niebla Salina SSC 400			Número de Serie:		3477/14		
Fecha de inicio de ensayo:		24/07/2019			Fecha fin de ensayo:		15/08/2019		
Ensayo:		Corrosión acelerada neutra en la CNS			Número de horas de ensayo:		480		
Designación de material:		Acero HSLA 1011 Gr -50							
Tipo de Junta:		Filete - Tope			Tipo de Recubrimiento:		Epóxico - Poliuretano de HEMPEL y Stop Mate Cromato de zinc de WESCO		
FICHA DE RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATOS									
ITEMS		DIMENSIONES DE LA PROBETA				MASA			CORROSIÓN
Grupo	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm²)	Espesor Inicial (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de corrosión (mm/año)
SF + SR1	480,00	84,22	41,28	34,76	2,20	57,07	56,95	0,123	0,082
SF + SR2	480,00	86,17	41,54	35,80	2,30	57,01	56,99	0,017	0,011
ST + SR1	480,00	99,52	40,96	40,76	2,08	62,04	61,94	0,100	0,057
ST + SR2	480,00	99,98	41,43	41,42	2,35	66,59	66,59	0,003	0,001
SF + S/R	480,00	86,12	40,25	34,66	2,07	56,30	56,29	0,010	0,007
ST + S/R	480,00	98,39	40,69	40,04	2,06	64,18	64,17	0,007	0,004

Fuente: Autor

Fig 4.16: Comportamiento de la corrosión del Acero HSLA 1011 – Gr: 50 vs los diferentes sistemas de recubrimientos con juntas a filete y tope para 480 horas.



Observaciones.- En el histograma se puede observar que la mayor tasa de corrosión obtenida de 0,0828 mm/año, la sufre la probeta que se le ha realizado una soldadura tipo filete y se le ha proporcionado un recubrimiento Anticorrosivo. Mientras que la menor tasa de corrosión de 0,0014 mm/año se da a la probeta cuya soldadura es a tope con recubrimiento epóxico. En este caso el recubrimiento brinda buena protección al metal base. La soldadura a filete causa mayor efecto de corrosión.

Realizado por: Ing. Cristian Guilcaso

Revisado por: Ing. Francisco Peña

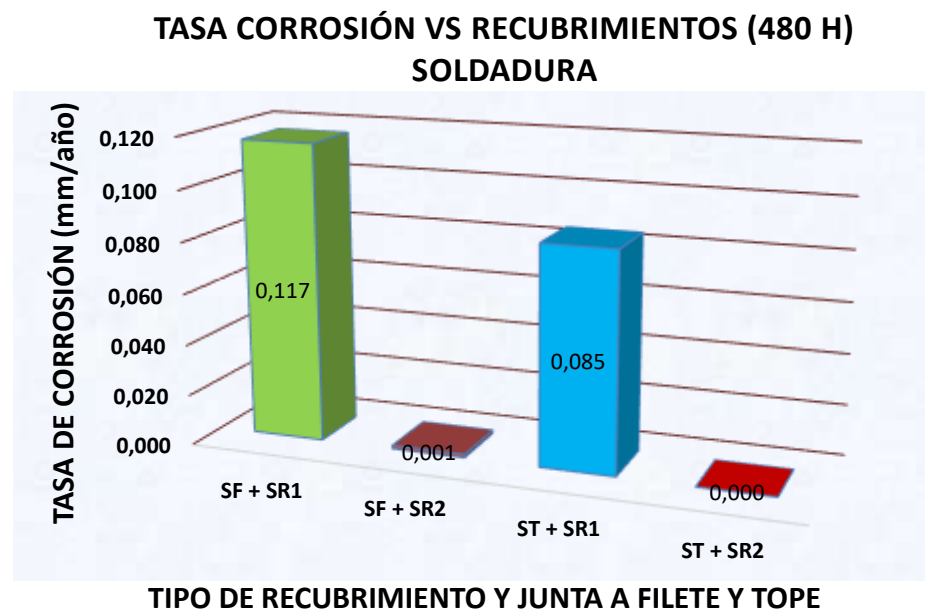
Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.17: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión del acero ASTM A - 500 – 480 horas. Soldadas

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO							
REGISTRO DE RESULTADOS DE ENSAYO DE CORROSIÓN									
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero: Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos							
Provincia / Ciudad: Tungurahua / Ambato		Cristian Orlando Guilcaso Molina			Norma:		ASTM B117		
Máquina:		Cámara de Niebla Salina SSC 400			Número de Serie:		3477/14		
Fecha de inicio de ensayo:		24/07/2019			Fecha fin de ensayo:		15/08/2019		
Ensayo:		Corrosión acelerada neutra en la CNS			Número de horas de ensayo:		480		
Designación de material:		Acero ASTM A - 500							
Tipo de Junta:		Filete - Tope			Tipo de Recubrimiento:		Epóxico - Poliuretano de HEMPEL y Stop Mate Cromato de zinc de WESCO		
FICHA DE RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATOS									
ITEMS		DIMENSIONES DE LA PROBETA				MASA			CORROSIÓN
Grupo	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm²)	Espesor Inicial (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de corrosión (mm/año)
SF + SR1	480,00	103,51	41,34	42,79	2,05	64,70	64,49	0,215	0,117
SF + SR2	480,00	105,22	41,77	43,94	2,22	65,71	65,71	0,002	0,001
ST + SR1	480,00	99,87	41,47	41,42	2,01	62,85	62,70	0,153	0,085
ST + SR2	480,00	99,46	41,92	41,70	2,18	63,15	63,15	0,000	0,000
SF + S/R	480,00	104,78	41,15	43,12	1,93	63,45	62,97	0,475	0,256
ST + S/R	480,00	99,39	41,49	41,23	1,96	62,03	61,80	0,225	0,127

Fuente: Autor

Fig 4.17: Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A -500 vs los diferentes sistemas de recubrimientos con juntas a filete y tope para 480 horas.



Observaciones.- En el histograma se puede observar que la mayor tasa de corrosión obtenida de 0,0828 mm/año, la sufre la probeta que se le ha realizado una soldadura tipo filete y se le ha proporcionado un recubrimiento Anticorrosivo. Mientras que no existe tasa de corrosión en la probeta cuya soldadura es a tope con recubrimiento epóxico. Hay que mencionar que un valor elevado de corrosión se tiene en la soldadura a tope con recubrimiento anticorrosivo, es decir en este caso el recubrimiento no está proporcionando una buena protección, sucede lo contrario con las probetas a las que se le ha aplicado el segundo recubrimiento ya que su valor de corrosión prácticamente es nula.

Realizado por: Ing. Cristian Guilcaso

Revisado por: Ing. Francisco Peña

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.18: Datos iniciales, finales y cálculos de corrosión del acero ASTM A - 500 Galvanizado – 480 horas. Soldadas

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO							
REGISTRO DE RESULTADOS DE ENSAYO DE CORROSIÓN									
Lugar/Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero: Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos							
Provincia / Ciudad: Tungurahua / Ambato		Cristian Orlando Guilcaso Molina			Norma:		ASTM B117		
Máquina:		Cámara de Niebla Salina SSC 400			Número de Serie:		3477/14		
Fecha de inicio de ensayo:		24/07/2019			Fecha fin de ensayo:		15/08/2019		
Ensayo:		Corrosión acelerada neutra en la CNS			Número de horas de ensayo:		480		
Designación de material:		Acero ASTM A - 500 Galvanizado							
Tipo de Junta:		Filete - Tope			Tipo de Recubrimiento:		Epóxico - Poliuretano de HEMPEL y Stop Mate Cromato de zinc de WESCO		
FICHA DE RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATOS									
ITEMS		DIMENSIONES DE LA PROBETA				MASA			CORROSIÓN
Grupo	Tiempo de Exposición (horas)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm²)	Espesor Inicial (mm)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)	Tasa de corrosión (mm/año)
SF + SR1	480,00	100,22	41,28	41,37	2,09	62,34	62,20	0,145	0,081
SF + SR2	480,00	104,65	41,25	43,17	2,23	66,32	66,30	0,015	0,008
ST + SR1	480,00	100,87	40,26	40,61	2,02	62,25	62,07	0,187	0,107
ST + SR2	480,00	100,36	39,95	40,09	2,20	61,35	61,34	0,005	0,003
SF + S/R	480,00	89,54	41,38	37,05	1,93	55,72	55,55	0,168	0,105
ST + S/R	480,00	95,06	41,28	39,24	1,93	60,05	59,92	0,135	0,080

Fuente: Autor

Fig 4.18: Comportamiento de la corrosión del Acero ASTM A -500 Galvanizado vs los diferentes sistemas de recubrimientos con juntas a filete y tope para 480 horas.



Observaciones.- En el histograma se puede observar que la mayor tasa de corrosión obtenida de 0,1071 mm/año, la sufre la probeta que se le ha realizado una soldadura tipo tope y se le ha proporcionado un recubrimiento Anticorrosivo. Mientras la menor tasa de corrosión se da en la probeta cuya soldadura es a tope con recubrimiento epóxico. Hay que mencionar que uno de los valores más elevados de corrosión se tiene en la soldadura a filete con recubrimiento anticorrosivo, es decir en este caso el recubrimiento no está proporcionando una buena protección, mientras que el tipo de junta si influye en los resultados.

Realizado por: Ing. Cristian Guilcaso

Revisado por: Ing. Francisco Peña

Fuente: Autor

4.3.- Análisis e interpretación de resultados de tasa de corrosión

4.3.1.- Evaluación de la Tasa de corrosión para placas planas

Una vez realizado la tabulación de los datos podemos analizar la evolución de la corrosión de acuerdo al tiempo de exposición en la cámara de niebla salina para cada material, determinando al final cuál de los recubrimientos se comporta de la mejor manera protegiendo al material base. Para lo cual primero se realizará un análisis en función a los histogramas generados para los tres tipos de materiales con los respectivos sistemas de limpieza y recubrimientos, luego se analizará cual es el comportamiento de los materiales que no han sido aplicados ningún tipo de recubrimiento y por último se verificará el comportamiento de la corrosión en función a los 4 tiempos de exposición a los cuales fueron sometidas las probetas. Posteriormente se realizará un análisis estadístico para verificar normalidad de los datos, se analizará el diseño factorial teórica y mediante la ayuda de un software computacional verificando los resultados, realizar una optimización de los factores y determinar cuál combinación será mejor con correspondencia a una mínima tasa de corrosión que evite el daño prematuro del material base. A más de ello se observará qué sistema sufre la mayor afección con respecto a corrosión y comparar como se comportó el Acero HSLA 1011 Gr – 50 vs los otros materiales ensayados.

4.3.1.1.- Evaluación de Tasa de corrosión para placas planas en 200 horas de ensayo

El análisis que se observa a partir de la Figura 4.19, es que el material que se corroe causando grandes defectos en el recubrimiento y en el material base es el acero ASTM A-500 cuyo valor es de 0,129 mm/año, mientras que en general el acero HSLA 1011 Gr – 50 es el material más resistente con respecto a corrosión alcanzando valores mínimos de 0,007 mm/año, hablando en cuestión de limpieza superficial se evidencia que perjudica el no tener una buena limpieza y un buen perfil de anclaje como para poder obtener una buena adherencia del recubrimiento aplicado a la probeta es por ello que el sistema de limpieza 1 SP – 3 “Limpieza Mecánica” genera tasas elevadas de corrosión. Por último el recubrimiento que brinda mayor protección al metal base es el recubrimiento 2 “sistema epóxico y poliuretano” HEMPADUR MASTIC 45881 y HEMPATHANE HS 55210 obteniendo valores mínimos de corrosión a aquellas probetas que se les ha aplicado.

TASA DE CORROSIÓN DE LOS TRES TIPOS DE MATERIALES (200 H)

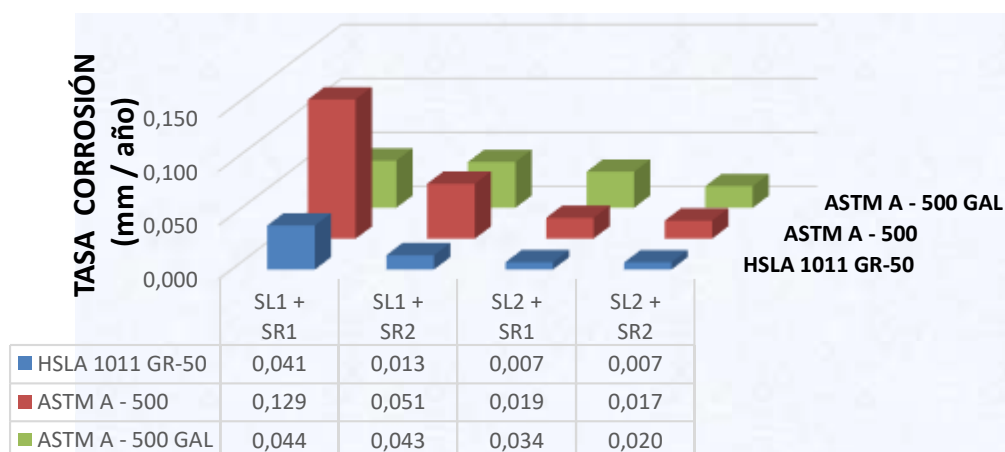


Fig 4.19: Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado vs los diferentes métodos de limpieza y recubrimiento 200 horas.

Fuente: Autor

En la Figura 4.20 se analiza la corrosión de los tres tipos de materiales que han sido expuestos a la cámara de niebla salina sin ningún tipo de recubrimiento para un tiempo de exposición de 200 horas de ensayo.

TASA DE CORROSIÓN DE LOS TRES TIPOS DE MATERIALES SIN RECUBRIMIENTO (200H)

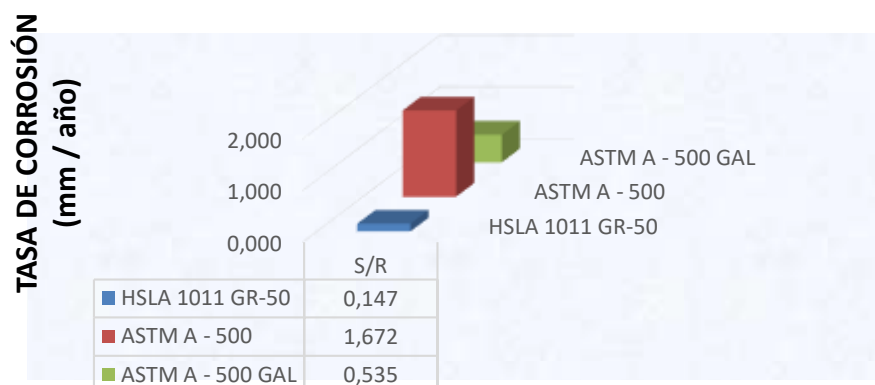


Fig 4.20: Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado sin ningún tipo de recubrimiento 200 horas.

Fuente: Autor

Se puede observar que se genera una excesiva corrosión en el acero ASTM A – 500 con un valor de 1,672 mm/año, como en este caso la probeta tiene un espesor

máximo de 2 mm se podría decir que en un tiempo no mayor a dos años el material estaría completamente desgastado.

4.3.1.2.- Evaluación de Tasa de corrosión para placas planas en 280 horas de ensayo

En la Figura 4.21, se observa que el material que más se corroe es el acero ASTM A-500 Galvanizado cuyo valor es de 0,102 mm/año, mientras que en general el acero HSLA 1011 Gr – 50 es el material más resistente con respecto a corrosión cuyo valor mínimo es de 0,014 mm/año, hablando en cuestión de limpieza superficial se evidencia que la poca adherencia perjudica el recubrimiento aplicado a la probeta es por ello que el sistema de limpieza 1 SP – 3 “Limpieza Mecánica” genera tasas elevadas de corrosión. El recubrimiento que brinda mayor protección al metal base es el recubrimiento 2 “sistema epóxico y poliuretano” HEMPADUR MASTIC 45881 y HEMPADUR HS 55210 obteniendo valores mínimos de corrosión a aquellas probetas que se les ha aplicado.

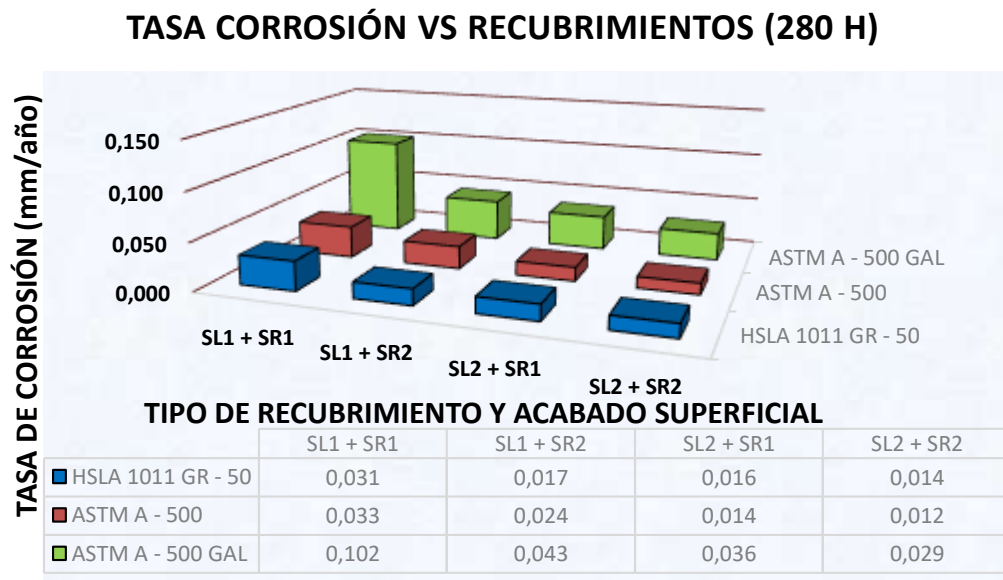


Fig 4.21: Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado vs los diferentes métodos de limpieza y recubrimiento 280 horas.

Fuente: Autor

Adicional, en la Figura 4.21 se puede observar que el Acero ASTM A – 500 posee una mayor tasa de corrosión en general sin tomar en cuenta tipo de limpieza o recubrimiento aplicado.

En la Figura 4.22 se observa el comportamiento de la corrosión de los tres tipos de materiales que han sido expuestos a la cámara de niebla salina sin ningún tipo de recubrimiento para un tiempo de exposición de 280 horas de ensayo.

TASA DE CORROSIÓN DE LOS TRES TIPOS DE MATERIALES SIN RECUBRIMIENTO

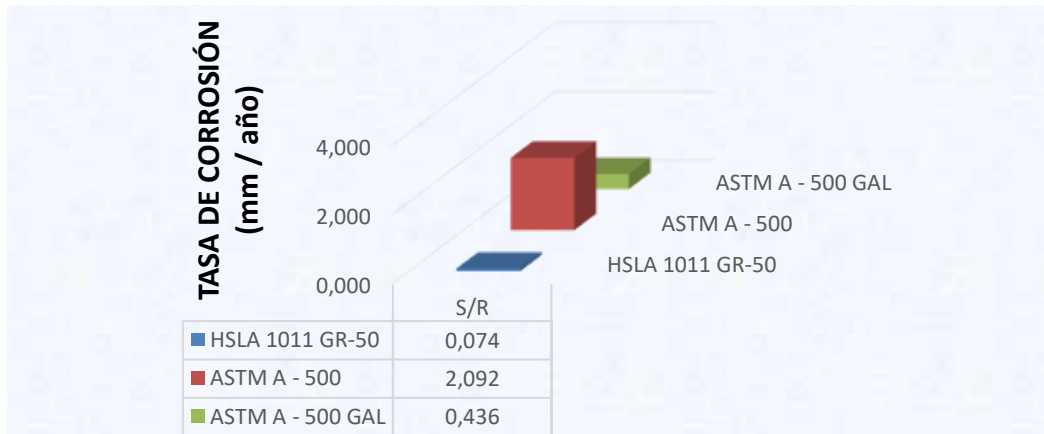


Fig 4.22: Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado sin ningún tipo de recubrimiento 280 horas.

Fuente: Autor

Se puede ver que se genera una excesiva corrosión en el acero ASTM A – 500 con un valor de 2,09 mm/año, como en este caso la probeta tiene un espesor máximo de 2 mm es decir prácticamente perdió sus características mecánicas y se perforó en cierta área.

4.3.1.3.- Evaluación de Tasa de corrosión para placas planas en 380 horas de ensayo

En la Figura 4.23, se observa que el material que más se corroe es el acero ASTM A-500 cuyo valor es de 0,139 mm/año, mientras que en general el acero HSLA 1011 Gr – 50 es el material más resistente con respecto a corrosión alcanzando valores mínimos de 0,014 mm/año, hablando en cuestión de limpieza superficial se evidencia que el sistema de limpieza 1 SP – 3 “Limpieza Mecánica” no permite una buena adherencia, generando tasas elevadas de corrosión. El recubrimiento que brinda mayor protección al metal base es el recubrimiento 2 “sistema epóxico y poliuretano” HEMPADUR MASTIC 45881 y HEMPATANE HS 55610 obteniendo valores mínimos de corrosión a aquellas probetas que se les ha aplicado.

TASA CORROSIÓN VS RECUBRIMIENTOS (380 H)

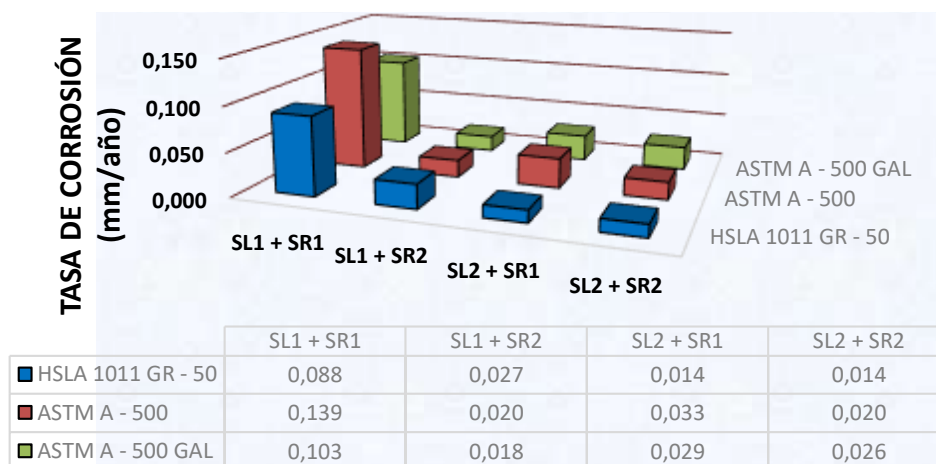


Fig 4.23: Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado vs los diferentes métodos de limpieza y recubrimiento (380 horas).

Fuente: Autor

En la Figura 4.23 también se puede observar que el Acero ASTM A – 500 como el acero ASTM A – 500 Galvanizado poseen la mayor tasa de corrosión en general sin tomar en cuenta tipo de limpieza o recubrimiento aplicado.

En la Figura 4.24 se observa la corrosión de los tres tipos de materiales que han sido expuestos a la cámara de niebla salina sin ningún tipo de recubrimiento para un tiempo de exposición de 380 horas de ensayo.

TASA DE CORROSIÓN DE LOS TRES TIPOS DE MATERIALES



Fig 4.24: Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado sin ningún tipo de recubrimiento (380 horas).

Fuente: Autor

También se puede observar que se genera una excesiva corrosión en el acero ASTM A – 500 con un valor de 1,594 mm/año, como en este caso la probeta tiene un espesor máximo de 2 mm se podría decir que en un tiempo no mayor a dos años el material estaría completamente desgastado o que sus propiedades mecánicas y físicas no cumplirían con los factores de seguridad requeridos.

4.3.1.4.- Evaluación de Tasa de corrosión para placas planas en 480 horas de ensayo

De la Figura 4.25 se puede decir que el material que se corroe causando grandes defectos en el recubrimiento y en el material base es el acero ASTM A-500 cuyo valor es de 0,213 mm/año, mientras que en general el acero HSLA 1011 Gr – 50 es el material más resistente con respecto a corrosión alcanzando valores mínimos de 0,015 hasta 0,001 mm/año, también es necesario mencionar que el acero ASTM A – 500 galvanizado presenta tasas menores de corrosión, intermedias con respecto al HSLA, la limpieza superficial que genera mayor tasa de corrosión es la limpieza 1 SP – 3 “Limpieza Mecánica”. Y el recubrimiento que brinda mayor protección al metal base es el recubrimiento 2 “sistema epóxico y poliuretano” HEMPADUR MASTIC 45881 y HEMPADUR HS 55210.

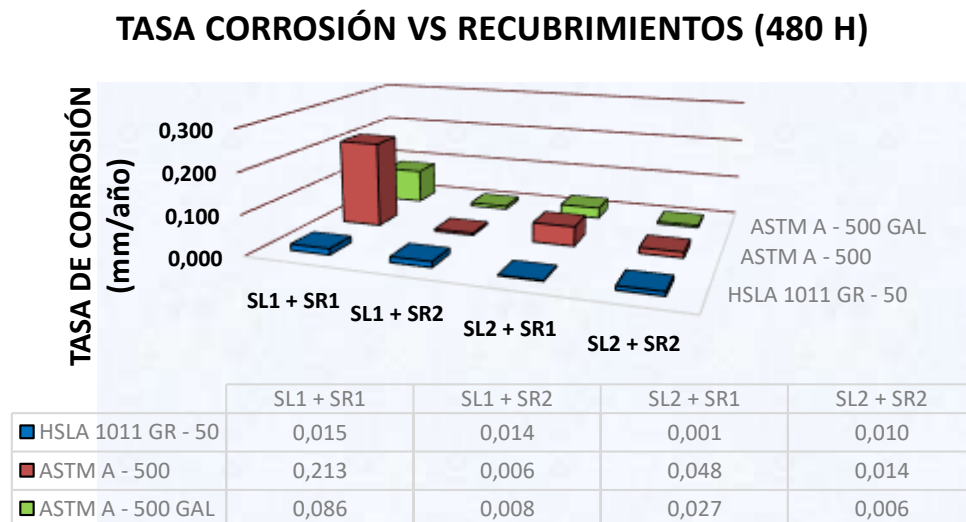


Fig 4.25: Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado vs los diferentes métodos de limpieza y recubrimiento para 480 horas.

Fuente: Autor

Adicional de la Figura 4.25 se puede observar que en general el Acero ASTM A – 500 posee la mayor tasa de corrosión, sin tomar en cuenta tipo de limpieza o recubrimiento aplicado.

En la Figura 4.26 se analiza la corrosión de los tres tipos de materiales que han sido expuestos a la cámara de niebla salina sin ningún tipo de recubrimiento para un tiempo de exposición de 480 horas de ensayo.



Fig 4.26: Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado sin ningún tipo de recubrimiento para 480 horas.

Fuente: Autor

Se puede observar que se genera una mayor corrosión en el acero ASTM A – 500 con un valor de 0,092 mm/año, pero no se genera pérdida de corrosión para el acero HSLA 1011 Gr – 50.

4.3.2.- Evaluación de la Tasa de corrosión para placas planas en función al tiempo

En la Figura 4.27 se observa las curvas generadas de la corrosión en función del tiempo con cada grupo de limpieza superficial y recubrimiento establecido en el ensayo.

COROSIÓN HSLA 1011 GR - 50

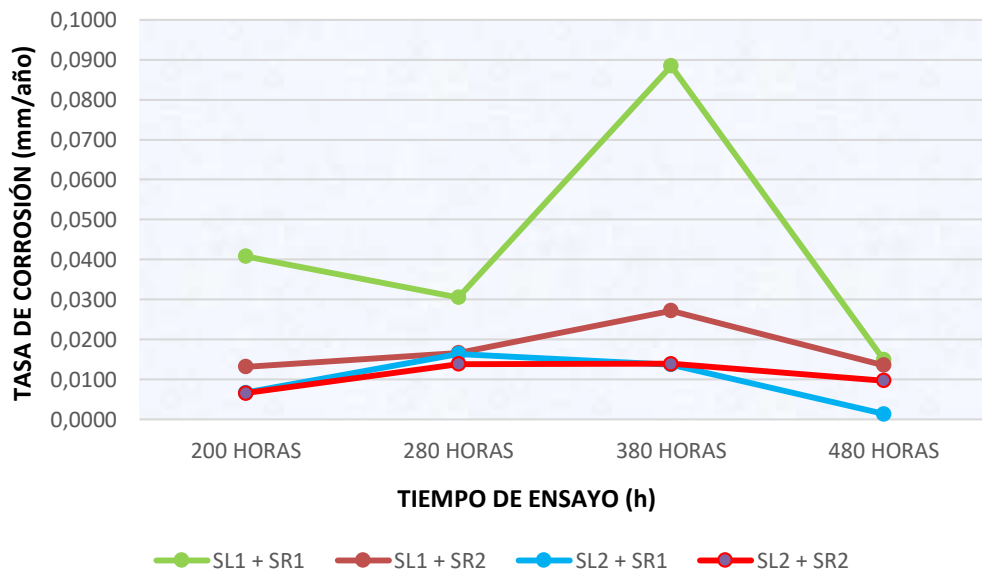


Fig 4.27: Tasa de corrosión del Acero HSLA 1011 – Gr 50 en función al tiempo de ensayo.

Fuente: Autor

De esta gráfica de comportamiento de la corrosión para el Acero HSLA 1011 Gr-50, se puede observar que la tendencia de las curvas sigue el comportamiento teórico de corrosión donde las primeras horas de exposición a un ambiente corrosivo alcanza los valores más altos, mientras que a medida que pasa el tiempo esta tiende a disminuir debido a que la capa de herrumbre formada tiende a ser un protector del material base. Se observa también que aunque el recubrimiento anticorrosivo junto con la limpieza superficial 1, tienen mayores velocidades de corrosión estas tienden a converger en algún punto con los otros sistemas, pues las gráficas se acercan la una de la otra en función al tiempo.

La Figura 4.28, de comportamiento de la corrosión para el Acero ASTM A - 500, indica que la tendencia de las curvas sigue el comportamiento teórico de corrosión. Por ejemplo el SL1 + SR1 se observa una disminución de corrosión para las 280 horas pero después tiende a incrementar drásticamente su valor dando a entender que aún no realizaba sus reacciones químicas para que formen la capa de herrumbre y tienda a estabilizarse, esto se hubiera podido observar en el caso de que se el ensayo se lo realizara para mayor tiempo de exposición. Los otros sistemas de limpieza y recubrimiento tienden a disminuir su tasa de corrosión. El sistema SL2

+ SR1 sigue la tendencia de incremento de manera que este aún no se tiende a estabilizar.

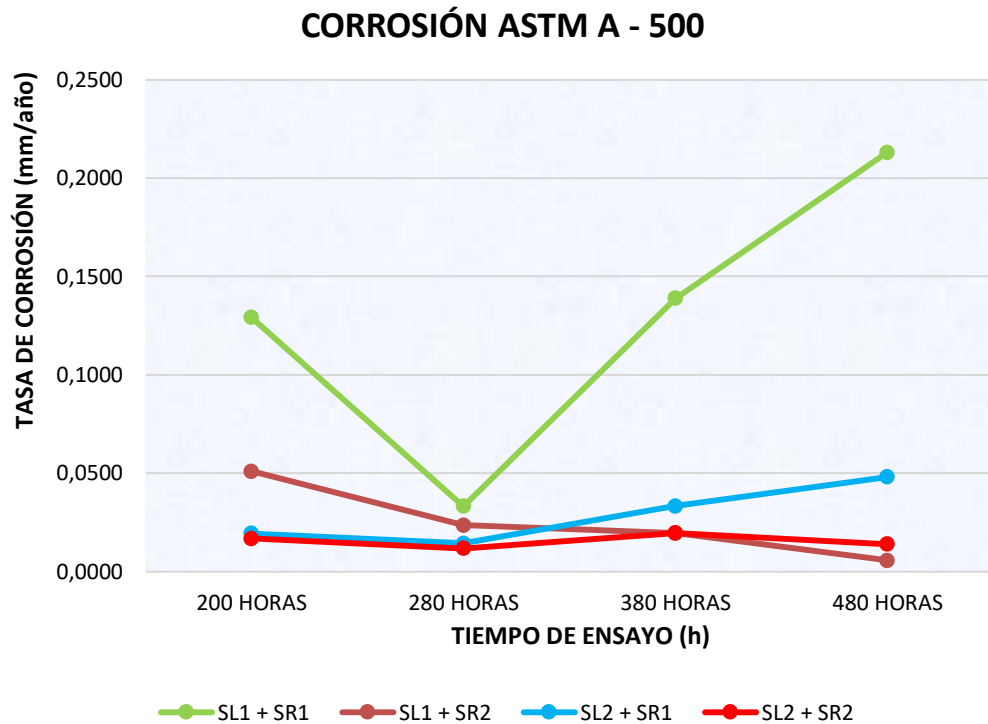


Fig 4.28: Tasa de corrosión del Acero ASTM A – 500 en función al tiempo de ensayo.

Fuente: Autor

La Figura 4.29, de comportamiento de la corrosión para el Acero ASTM A – 500 Galvanizado, indica que la tendencia de las curvas sigue el comportamiento teórico de corrosión donde las primeras horas de exposición a un ambiente corrosivo alcanza los valores más altos, mientras que a medida que pasa el tiempo esta tiende a disminuir debido a que la capa de herrumbre formada tiende a ser un protector del material base. En este caso el SL1 + SR1 es el que mayor tasa de corrosión alcanza en función al tiempo pero se observa que tiende a decrecer y llegaría a estabilizarse en un tiempo superior a 480 horas de ensayo. Los otros sistemas de limpieza y recubrimiento tienden a disminuir su tasa de corrosión. Al final el SL2 + SR2 es el que menor tasa de corrosión alcanza.

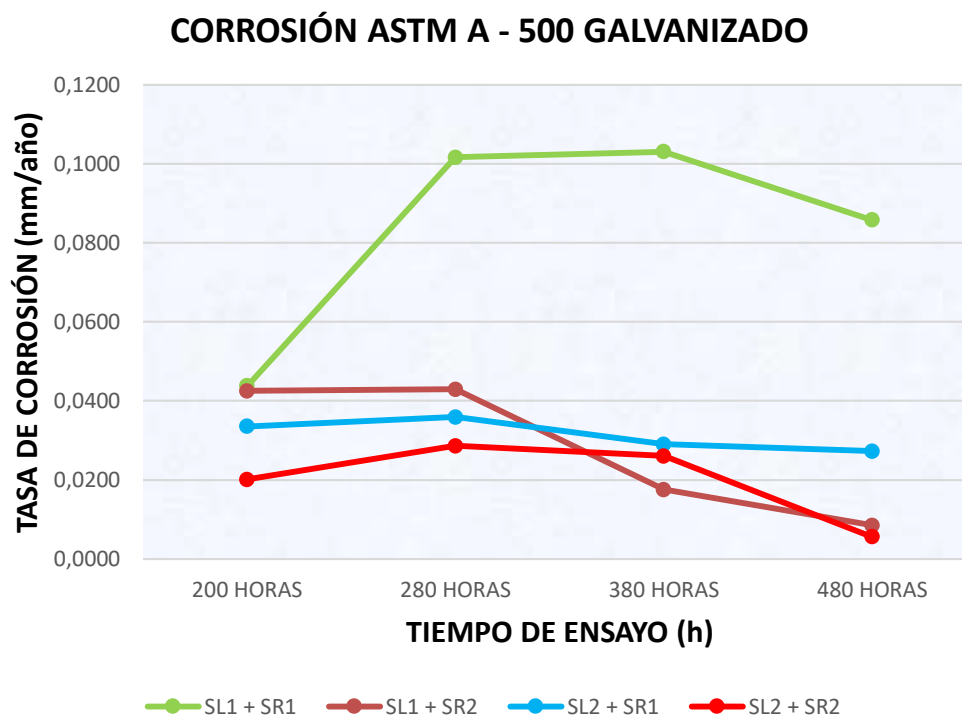


Fig 4.29: Tasa de corrosión del Acero ASTM A – 500 Galvanizado en función al tiempo de ensayo.

Fuente: Autor

La Figura 4.30, se observa el comportamiento de la corrosión para los tres tipos de aceros ensayados, indica que el acero ASTM A – 500 va a tener valores de corrosión por encima de los 1,5 mm/año en las primeras horas de ensayo, pero que a medida que continúan en la exposición estas tienden a converger a las 480 horas. La tendencia de las curvas sigue el comportamiento teórico de corrosión donde las primeras horas de exposición a un ambiente corrosivo alcanza los valores más altos, mientras que a medida que pasa el tiempo esta tiende a disminuir debido a que la capa de herrumbre formada tiende a ser un protector del material base.

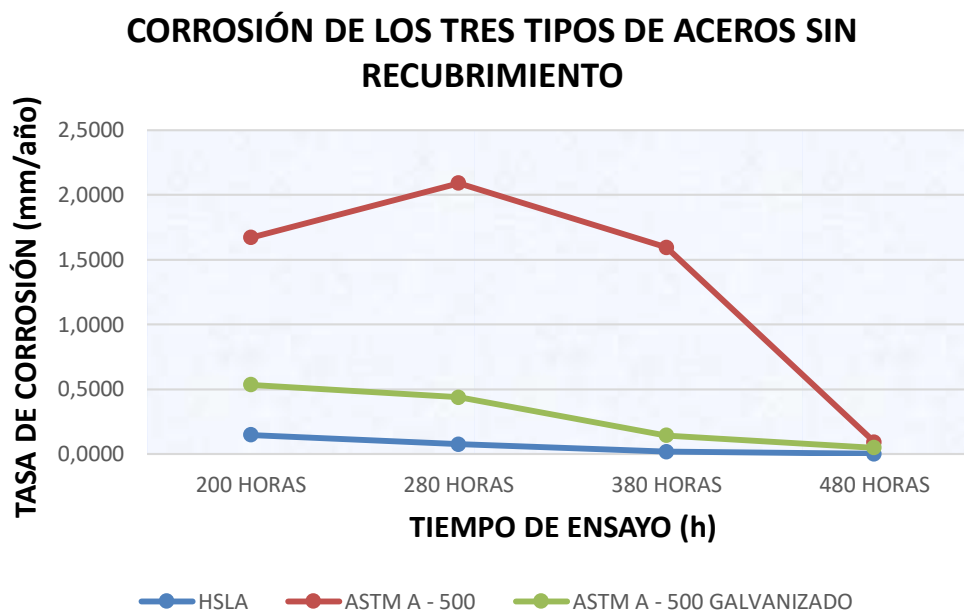


Fig 4.30: Tasa de corrosión de los tres tipos de aceros en función al tiempo de ensayo.

Fuente: Autor

4.3.3.- Análisis estadístico de la Tasa de corrosión para placas planas

4.3.3.1.- Prueba de Normalidad de los datos de Tasa de corrosión

La prueba de normalidad se la realiza mediante el método estadístico de Anderson – Darling ya que compara la función de distribución acumulada empírica de los datos de la muestra con la distribución esperada si los datos fueran normales. Si la diferencia observada es adecuadamente grande, se rechazará la hipótesis nula de normalidad de la población. Pero para poder obtener un valor de p mayor al de la significancia 0,05 para estos datos es requerido realizar una prueba de bondad ajuste, que mediante la transformación de Box – Cox permite principalmente corregir la no linealidad en la relación, esto se puede observar en la Figura 4.31. Analizando se tiene que el valor de p es de 0,264 con un valor de lambda de 0. Dato que es necesario para el análisis factorial del diseño de experimentos.

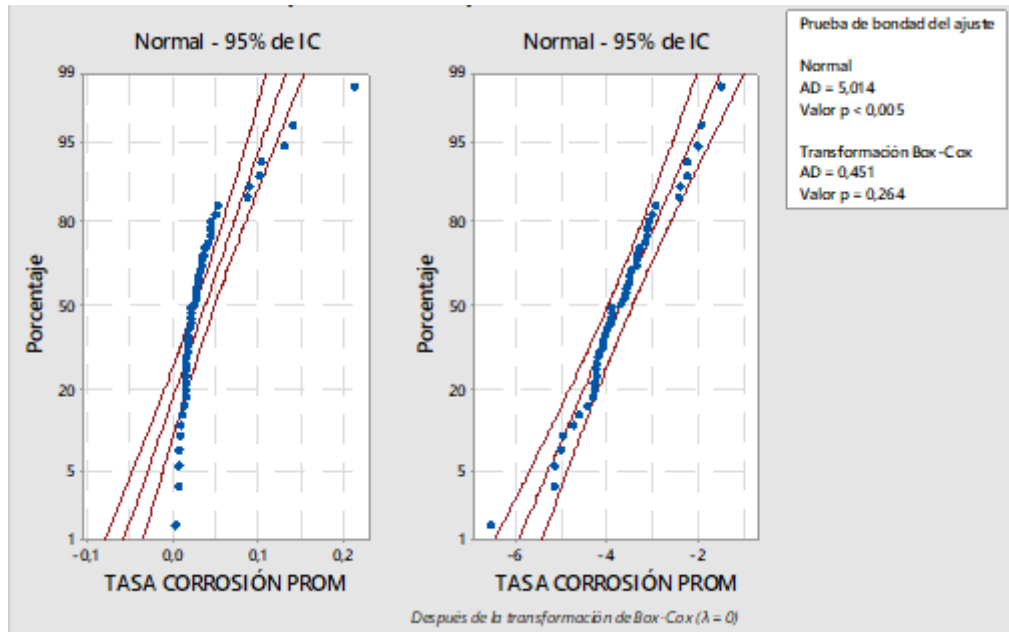


Fig. 4.31.- Grafica de Probabilidad de Normalidad de la Tasa de Corrosión.
Fuente: Autor

4.3.3.2.- Análisis de Varianza ANOVA de la tasa de corrosión

El cálculo de Análisis de Varianza permite determinar cuáles son los efectos principales que afectaran directamente con el incremento de la tasa de corrosión para cada una de los ensayos realizados, aplicando diferentes sistemas de limpieza y sistema de recubrimiento. Para este caso se va a desarrollar mediante el método de Factorial General debido las diferentes variables y niveles que se presenta en cada uno de ellos, esto se lo puede observar en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5.- Determinación de efectos principales para cálculo de corrosión.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO ANOVA - TASAS DE CORROSIÓN											
MATERIAL FACTOR A	SISTEMA DE LIMPIEZA FACTOR B	SISTEMAS DE RECUBRIMIENTO FACTOR C								TOTAL Y_i	MEDIA Y_i
		ANTICORROSIVO FACTOR C1				EPÓXICO FACTOR C2					
		HORAS DE ENSAYO		FACTOR D		HORAS DE ENSAYO		FACTOR D			
		200 HORAS D1	280 HORAS D2	380 HORAS D3	480 HORA S D4	200 HORAS D1	280 HORAS D2	380 HORAS D3	480 HORAS D4		
ACERO HSLA 1011 Gr-50 FACTOR A1	SSPC SP 3 FACTOR B1	0,1643	0,1244	0,3523	0,0597	0,0525	0,0665	0,1085	0,0545	0,982 6	0,4913
	SSPC SP5 FACTOR B2	0,0270	0,0658	0,0550	0,0057	0,0261	0,0563	0,0554	0,0388	0,330 2	0,1650
ACERO ASTM A-500 FACTOR A2	SSPC SP 3 FACTOR B1	0,5158	0,1338	0,5514	0,8474	0,2038	0,0946	0,0781	0,0227	2,447 6	1,2237
	SSPC SP5 FACTOR B2	0,0770	0,0569	0,1311	0,1909	0,0671	0,0468	0,0781	0,0554	0,703 4	0,3517
ACERO ASTM A-500 GALVANIZAD O FACTOR A3	SSPC SP 3 FACTOR B1	0,1755	0,4067	0,4124	0,3415	0,1691	0,1713	0,0701	0,0338	1,780 5	0,8902
	SSPC SP5 FACTOR B2	0,1354	0,1435	0,1157	0,1127	0,0804	0,1152	0,1043	0,0225	0,829 5	0,4147
		1,0949	0,9310	1,6179	1,5580	0,5991	0,5507	0,4944	0,2277	7,073 8	Σ Y _j

Fuente: Autor

4.3.3.3.- Hipótesis Estadísticas para el análisis ANOVA

- Factor: A.-

Ho: El material no presenta cambios significativos por el efecto de corrosión durante el ensayo sometido a la cámara de niebla salina.

Ha: El material presenta cambios significativos por efecto de la corrosión durante el ensayo sometido a la cámara de niebla salina.

- Factor: B.-

Ho: El tipo de limpieza realizada en la superficie del material base no afecta directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El tipo de limpieza realizada en la superficie del material base afecta directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: C

Ho: El tipo de recubrimiento aplicado en la superficie del material base no afecta directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El tipo de recubrimiento aplicado en la superficie del material base afecta directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: D

Ho: El tiempo de exposición de los materiales en la cámara de niebla salina no afecta directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo.

Ha: El tiempo de exposición de los materiales en la cámara de niebla salina afecta directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo.

- Factor: A-B

Ho: El material conjuntamente con el tipo de limpieza superficial son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El material conjuntamente con el tipo de limpieza superficial son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: A-C

Ho: El material conjuntamente con el sistema de recubrimiento aplicado son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El material conjuntamente con el sistema de recubrimiento aplicado son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: A-D

Ho: El material conjuntamente con las horas de exposición de las probetas son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El material conjuntamente con las horas de exposición de las probetas son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: B-C

Ho: El sistema de limpieza superficial conjuntamente con el sistema de recubrimiento aplicado a las probetas son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El sistema de limpieza superficial conjuntamente con el sistema de recubrimiento aplicado a las probetas son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: B-D

Ho: El sistema de limpieza superficial conjuntamente con las horas de exposición de las probetas son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El sistema de limpieza superficial conjuntamente con las horas de exposición de las probetas son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: C-D

Ho: El sistema de recubrimiento superficial conjuntamente con las horas de exposición de las probetas son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El sistema de recubrimiento superficial conjuntamente con las horas de exposición de las probetas son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: A-B-C

Ho: El material conjuntamente con el tipo de limpieza superficial y el sistema de recubrimiento son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El material conjuntamente con el tipo de limpieza superficial y el sistema de recubrimiento son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: A-B-D

Ho: El material conjuntamente con el tipo de limpieza superficial y las horas de exposición de las probetas son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El material conjuntamente con el tipo de limpieza superficial y las horas de exposición de las probetas son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: A-C-D

Ho: El material conjuntamente con el sistema de recubrimiento y las horas de exposición de las probetas son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El material conjuntamente con el sistema de recubrimiento y las horas de exposición de las probetas son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: B-C-D

Ho: El tipo de limpieza superficial conjuntamente con el sistema de recubrimiento y las horas de exposición de las probetas son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El tipo de limpieza superficial conjuntamente con el sistema de recubrimiento y las horas de exposición de las probetas son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: A-B-C-D

Ho: El material conjuntamente con, el tipo de limpieza superficial, con el sistema de recubrimiento y las horas de exposición de las probetas son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El material conjuntamente con, el tipo de limpieza superficial, con el sistema de recubrimiento y las horas de exposición de las probetas son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

4.3.3.4.- Determinación de significancia mediante el Análisis teórico de Varianza ANOVA de la tasa de corrosión

Establecidas las hipótesis se realiza el cálculo teórico de ANOVA mediante la Tabla 4.7, en donde se establece que los factores más significativos son: Factores principales A: Material, B: Sistema de limpieza superficial y C: sistema de recubrimiento, mientras que de las interacciones la más significativa es la de los factores B-C sistema de limpieza superficial conjuntamente con el sistema de recubrimiento, esto debido a que el valor de F_c (Fisher calculado) es mayor al valor de F_o encontrado en las tablas con una confiabilidad del 95%. En estas nos centraremos para el análisis de las hipótesis y al final poder determinar cuál es el

parámetro más crítico que permite tener elevadas tasa de corrosión causando un daño al material base, para ello presentamos la Tabla 4.6 en donde se describen los factores utilizados para ANOVA.

Tabla 4.6.- Información de factores para análisis ANOVA

Factor	Nivel es	Valores
MATERIAL	3	HSLA 1011. ASTM A-500. ASTM A - 500 GAL
SIS. LIMPIEZA	2	SSPC SP3. SSPC SP5
SIS. RECUBRIMIENTO	2	ANTICORROSIVO. EPÓXICO
HORAS ENSAYO	4	200 HORAS. 280 HORAS. 380 HORAS. 480 HORAS

Fuente: Autor

Tabla 4.7.- Determinación de significancia de factores mediante Análisis ANOVA para la Tasa de Corrosión

ANÁLISIS ESTADÍSTICO - TASAS DE CORROSIÓN HSLA TABLA ANOVA						
FV	SC	GL	CM	FC	F₀ TABLA CONF: 95%	SIGNIFICANCIA
EFFECTO A	0,027885	2	0,01394272	4,347174088	2,996	EFFECTO SIGNIFICATIVO
EFFECTO B	0,058369	1	0,058368908	18,19873079	3,841	EFFECTO SIGNIFICATIVO
EFFECTO C	0,057757	1	0,057756539	18,00780126	3,841	EFFECTO SIGNIFICATIVO
EFFECTO D	0,004297	3	0,00143248	0,446630274	2,605	NO SIGNIFICATIVO
EFFECTO AB	0,009948	2	0,004974148	1,550880013	2,996	NO SIGNIFICATIVO
EFFECTO AC	0,016733	2	0,008366694	2,608635548	2,996	NO SIGNIFICATIVO
EFFECTO AD	0,025735	6	0,004289157	1,337307971	2,099	NO SIGNIFICATIVO
EFFECTO BC	0,034931	1	0,034931141	10,89111394	3,841	EFFECTO SIGNIFICATIVO
EFFECTO BD	0,003206	3	0,001068532	0,333155673	2,605	NO SIGNIFICATIVO
EFFECTO CD	0,013548	3	0,004516118	1,408071905	2,605	NO SIGNIFICATIVO
EFFECTO ABC	0,008369	2	0,0041845	1,304677292	2,996	NO SIGNIFICATIVO
EFFECTO ABD	0,010781	6	0,001796833	0,560231246	2,099	NO SIGNIFICATIVO
EFFECTO ACD	0,020663	6	0,003443833	1,073746241	2,099	NO SIGNIFICATIVO
EFFECTO BCD	0,008786	3	0,002928667	0,913123407	2,605	NO SIGNIFICATIVO
EFFECTO ABCD	0,011780	6	0,001963333	0,612143964	2,605	NO SIGNIFICATIVO
ERROR	0,461852	144	0,003207307			
TOTAL	0,774641	191				

Fuente: Autor

4.3.3.5.- Verificación mediante uso de software

Para confiabilidad de los resultados se realiza un cálculo mediante el uso de software que resulta la Tabla 4.8 y se puede ratificar que los valores de significancia se encuentran en los factores A, B, C y BC.

Tabla 4.8.- Determinación de significancia de factores mediante Análisis ANOVA para la Tasa de Corrosión en software.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Val F	Valor p
Modelo	47	0,312790	0,006655	2,07	0,00053067
Lineal	7	0,148308	0,021187	6,61	0,00000089
MATERIAL	2	0,027885	0,013943	4,35	0,01468392
SIS LIMPIEZA	1	0,058369	0,058369	18,20	0,00003587
SIS RECUBRIMIENTO	1	0,057757	0,057757	18,01	0,00003921
HORAS ENSAYO	3	0,004297	0,001432	0,45	0,72005611
Interacciones de 2 términos	17	0,104102	0,006124	1,91	0,02139657
MATERIAL*SIS LIMPIEZA	2		0,004974	1,55	0,21558143
MATERIAL*SIS RECUBRIMIENTO	2	0,016733	0,008367	2,61	0,07711204
MATERIAL*HORAS ENSAYO	6	0,025735	0,004289	1,34	0,24434080
SIS LIMPIEZA*SIS RECUBRIMIENTO	1	0,034931	0,034931	10,89	0,00121805
SIS LIMPIEZA*HORAS ENSAYO	3	0,003206	0,001069	0,33	0,80138185
SIS RECUBRIMIENTO*HORAS ENSAYO	3	0,013548	0,004516	1,41	0,24289068
Interacciones de 3 términos	17	0,048600	0,002859	0,89	0,58511810
MATERIAL*SIS LIMPIEZA*SIS RECUBRIMIENTO	2	0,008369	0,004185	1,30	0,27442871
MATERIAL*SIS LIMPIEZA*HORAS ENSAYO	6	0,010781	0,001797	0,56	0,76134795
MATERIAL*SIS RECUBRIMIENTO*HORAS ENSAYO	6	0,020663	0,003444	1,07	0,38100673
SIS LIMPIEZA*SIS RECUBRIMIENTO*HORAS ENSAYO	3	0,008786	0,002929	0,91	0,43631667
Interacciones de 4 términos	6	0,011780	0,001963	0,61	0,72031826
MATERIAL*SIS LIMPIEZA*SIS RECUBRIMIENTO*HORAS ENSAYO	6	0,011780	0,001963	0,61	0,72031826
Error	144	0,461851	0,003207		
Total	191	0,774641			

Fuente: Autor

El análisis de Varianza que presenta la Tabla 4.7 permite concluir que no influyen los efectos D, AB, AC, AD, BD, CD, ABC, ABD, ACD, BCD y ABCD, dado que el valor de p es mayor que el nivel de confianza para los intervalos es mayor a $\alpha = 0,05$ (95%). Por otra parte los efectos de mayor significancia y que se encuentran activos son: A, B, C, y la interacción BC, estos son los cuatro efectos que se deben interpretar. Mientras que los efectos que no influyeron se aceptan las hipótesis nulas.

Se observa además que el efecto más importante es el factor B: Sistema de Limpieza con un valor de $p = 0,00003587$, seguido por el factor C: Sistema de recubrimiento cuyo valor de $p = 0,00003921$, el factor de interacción B-C: Sistema de limpieza + Sistema de recubrimiento con un valor de $p = 0,00121805$ y el factor A: Material cuyo valor de $p = 0,01468392$, gracias a este análisis se puede decir que se aceptan las variable alternativas de estos factores, siendo importante evaluar mediante un análisis de residuos la calidad del modelo de efectos antes de considerar al factor B como el más crítico en lo que se refiere a tasas de corrosión elevadas. Gráficamente esto se lo puede observar en el diagrama de Pareto presentado en la Figura 4.32.

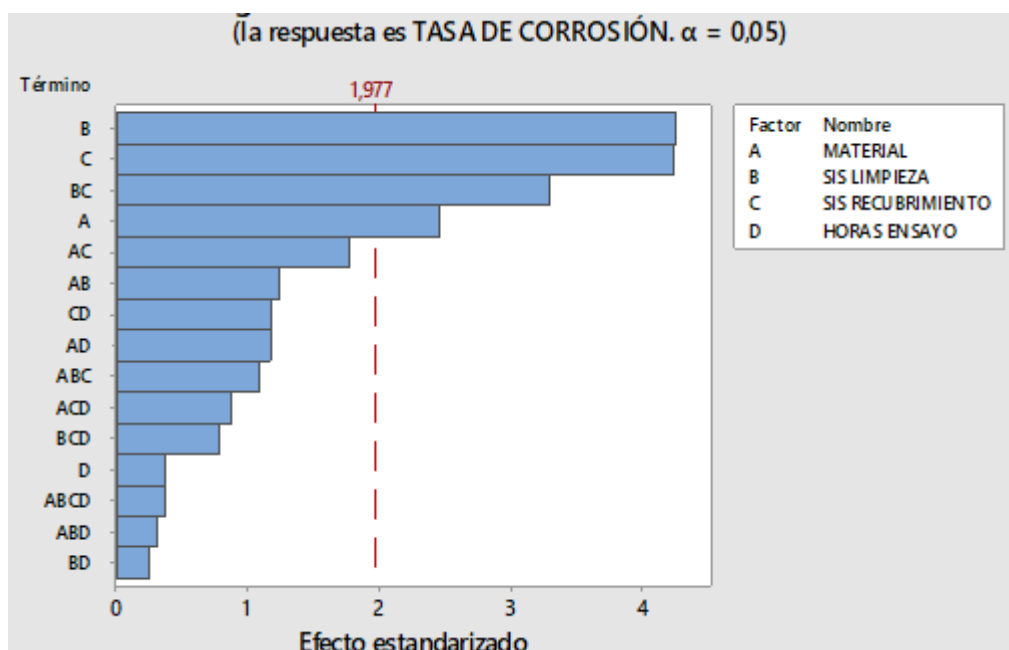


Fig. 4.32.- Diagrama de Pareto de efectos estandarizados

Fuente: Autor

4.3.3.6.- Interpretación de Resultados

Para este caso en específico y cumplir con el objetivo planteado de la investigación se analizará la incidencia de la tasa de corrosión y como se ven afectados los recubrimientos y el material HSLA 1011 Gr – 50 en el ambiente al cual se ha expuesto, de igual manera una relación con los otros materiales ensayados ASTM A – 500 y ASTM A – 500 Galvanizado y poder seleccionar el factor que cause una menor pérdida de masa en el material. Lo que significaría ahorro en recubrimientos y en mantenimientos por excesos de corrosión en estructuras. Vamos analizar desde los dos puntos de vista los valores máximos y los mínimos ya que ellos nos dirán cuál es el factor que más afecta la corrosión y cuál será el factor que permita tener valores nulos de corrosión proporcionando una adecuada protección.

En base a ello partiremos con el análisis del primer factor viendo los valores máximos y mínimos de corrosión

Factor B: Sistema de limpieza

En la Figura 4.33 se observa que el primer sistema de limpieza aplicado a las probetas SSPC SP 3 (Limpieza mecánica) da un valor máximo de 0,0542784 mm/año tomado en cuenta que son valores promedios de las 4 réplicas ensayadas. Con respecto al valor mínimo se sabe que lo posee el sistema de limpieza SSPC SP 5 (Metal blanco) con un valor de 0,0194069 mm/año esto debido a que se tiene un perfil de anclaje lo que resulta en una mayor adherencia al sistema de recubrimiento.

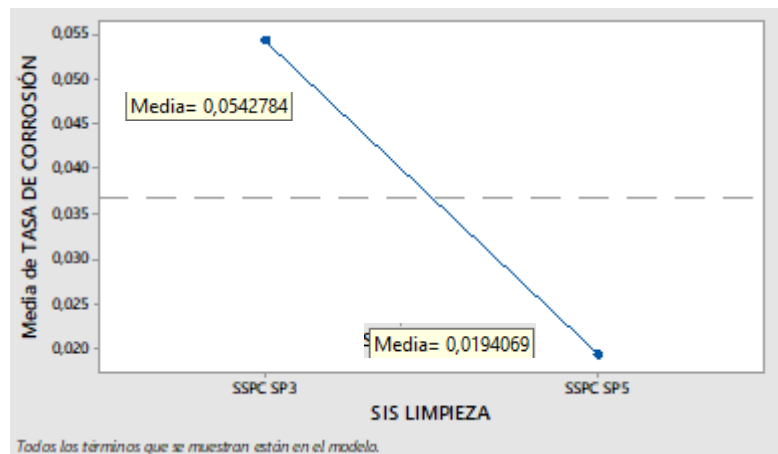


Fig. 4.33.- Factor principal B con respecto a tasa de corrosión.

Fuente: Autor

Factor C: Sistema de Recubrimiento

Para el factor de recubrimiento se observa en la Figura 4.34, que el sistema anticorrosivo es el método más débil con respecto a protección, lo que se puede verificar en el análisis cualitativo por la cantidad de ampolladuras que se producen de acuerdo a la norma ASTM D714, el valor encontrado es 0,0541867 mm/año, mientras que para el sistema epóxico se tiene un valor mínimo de 0,0194986 mm/año.

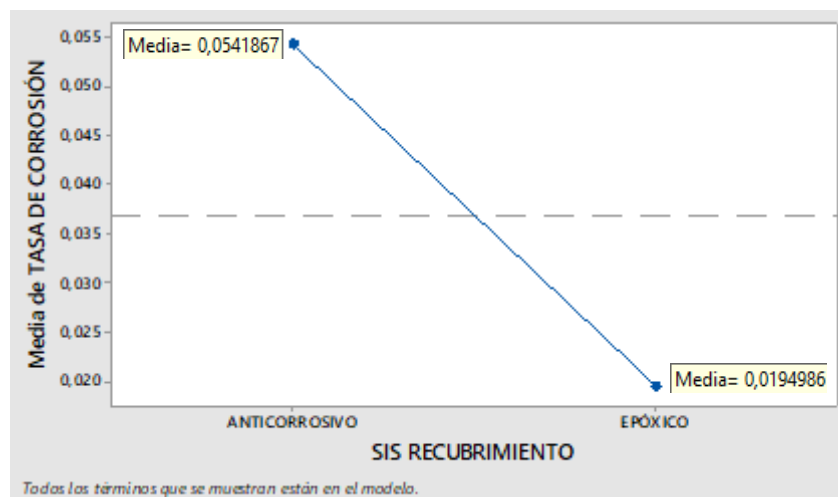


Fig. 4.34.- Factor principal C con respecto a tasa de corrosión.

Fuente: Autor

Factor B-C: Interacción sistema de limpieza – sistema de recubrimiento.

Dentro de la interacción B – C “sistema de limpieza – sistema de recubrimiento” se puede observar que para el sistema de recubrimiento el anticorrosivo tiene mayor tendencia de crecimiento con lo que respecta a tasa de corrosión alcanzando el valor de 0,0851106 mm/año cuando se le aplica un tipo de limpieza superficial SSPC SP3, mientras que el sistema epóxico se encuentra por un valor mínimo de 0,0155511 mm/año para cuando se ha aplicado un sistema de limpieza superficial SSPC SP5. Tomando en cuenta el tipo de limpieza superficial que se le realiza al material base se tiene que el factor que más afecta a la corrosión es la limpieza superficial SSPC SP 3 para cuando se ha aplicado un sistema de recubrimiento anticorrosivo dando un valor de 0,0851106 mm/año, mientras que el mínimo valor se alcanza con el sistema de limpieza de superficie SSPC SP5, cuyo sistema de

recubrimiento aplicado es el epóxico alcanzando un valor de 0,0155511 mm/año. Estos valores se los puede verificar en la Figura 4.35.

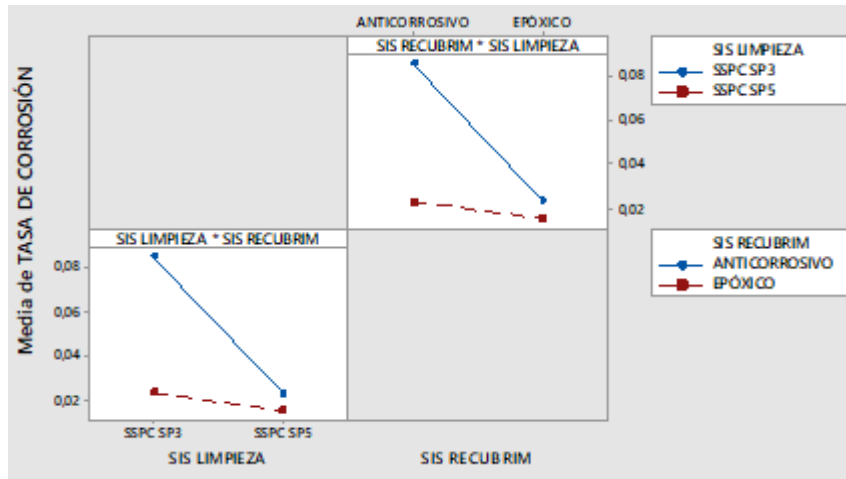


Fig. 4.35.- Factor de interacción B-C con respecto a tasa de corrosión.

Fuente: Autor

Factor A: Tipo de material

En la Figura 4.36, para el factor material se observa claramente que la corrosión afecta más al Acero ASTM A-500 con un valor de 0,0492338 mm/año, el acero ASTM A-500 Galvanizado tiene un valor intermedio de 0,0407811 mm/año, como para nuestro caso de estudio el valor mínimo es de importancia, lo llega a alcanzar el acero HSLA 1011 Gr – 50 de 0,0205130 mm/año.

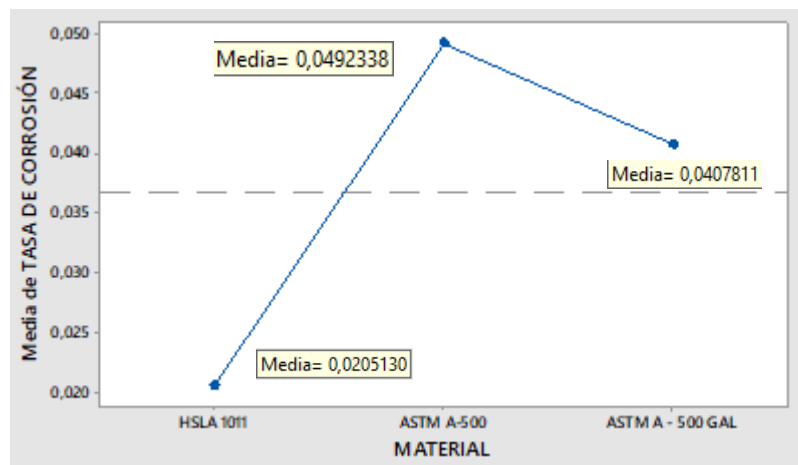


Fig. 4.36.- Factor principal A con respecto a tasa de corrosión.

Fuente: Autor

4.3.3.7.- Verificación del análisis mediante la gráfica de los residuos

Se recomienda evaluar mediante el análisis de los residuos siempre que se a posible el cumplimiento de los supuestos de normalidad, varianza constante, independencia y la ausencia de observaciones atípicas. En la Figura 4.37, se observa una aparente violación al supuesto de varianza constante y de normalidad, pero existe la posibilidad de la presencia de cuatro observaciones alejadas, las cuales se asocian con los residuos grandes y pequeños y lo hacen ver como un no cumplimiento con los supuestos, pero se visualiza la gráfica ignorando estos puntos y se verá que los supuestos cumplirán. Estas observaciones alejadas pueden ser consideradas como errores debido al número de observaciones que tiene el experimento, un total de 192.

De igual manera se puede observar que en el histograma que la media aritmética tiende a cero, finalmente en la gráfica de residuos vs orden de observación se observa que no se tiene ningún tipo de patrón sin correlación alguna.

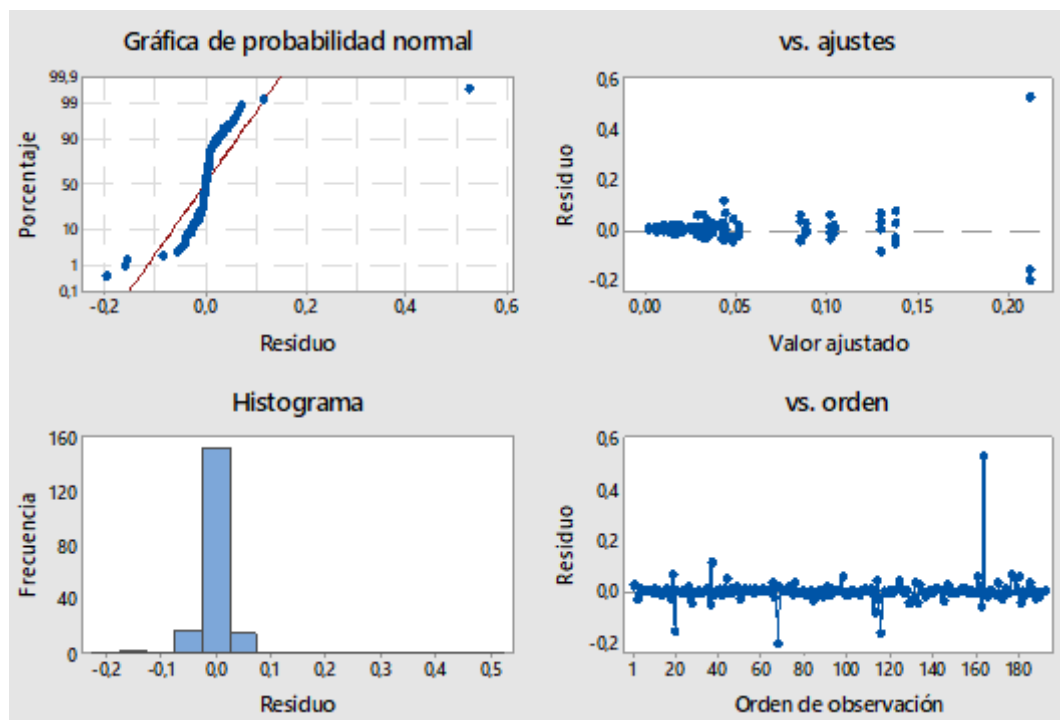


Fig. 4.37.- Parámetros de residuos.

Fuente: Autor

4.3.3.8.- Validación o rechazo de la hipótesis general

Como se pudo observar en los datos analizados el sistema de limpieza es el factor que más influye en el efecto de la tasa de corrosión, seguido por el sistema de recubrimiento por lo que se verifica la hipótesis general ya que estos incidirán significativamente en la obtención de un valor mínimo o máximo de corrosión en el acero ASTM A 1011 Gr - 50 que es lo que se esperó como resultado del ensayo.

4.3.3.9.- Optimización de los factores de Tasa de corrosión y análisis adicionales.

El objetivo de la optimización es poder determinar los parámetros adecuados que han resistido de manera eficiente el ensayo, lo que representará que en la vida cotidiana y en ambiente normal se prolongue la protección del material base del acero.

El valor mínimo de tasa de corrosión que se encontró a partir de la Figura 4.38 es de 0,0014 mm/año, para el material HSLA 1011 Gr-50, cuyo sistema de limpieza es mediante chorro abrasivo SSPC SP 5, al cual se le ha aplicado un sistema de recubrimiento anticorrosivo y este valor mínimo que se ha encontrado de tasa de corrosión corresponde a un tiempo de 480 horas.

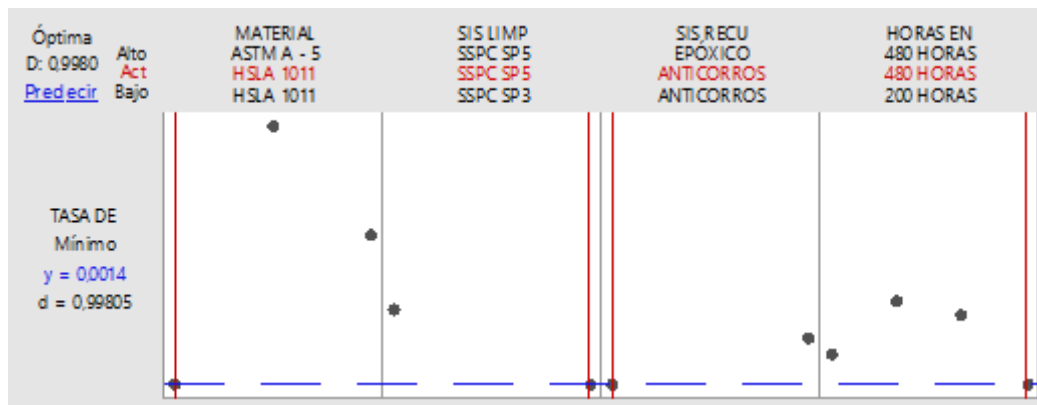


Fig. 4.38.- Optimización de parámetros mínimos.

Fuente: Autor

De otro lado vamos a determinar cómo los factores interaccionan para obtener el valor máximo de corrosión, en otras palabras cuál es el recubrimiento que se

degrada en mayor superficie de acuerdo a su máximo tiempo de exposición, de la misma manera causando afecciones al material base.

El valor máximo de tasa de corrosión que se encontró es de 0,2119 mm/año, para el material ASTM A-500, cuyo sistema de limpieza es mediante limpieza mecánica SSPC SP 3, al cual se le ha aplicado un sistema de recubrimiento anticorrosivo y este valor que se ha encontrado de tasa de corrosión corresponde a un tiempo de 480 horas. Los datos se encuentran referenciados en la Figura 4.39.

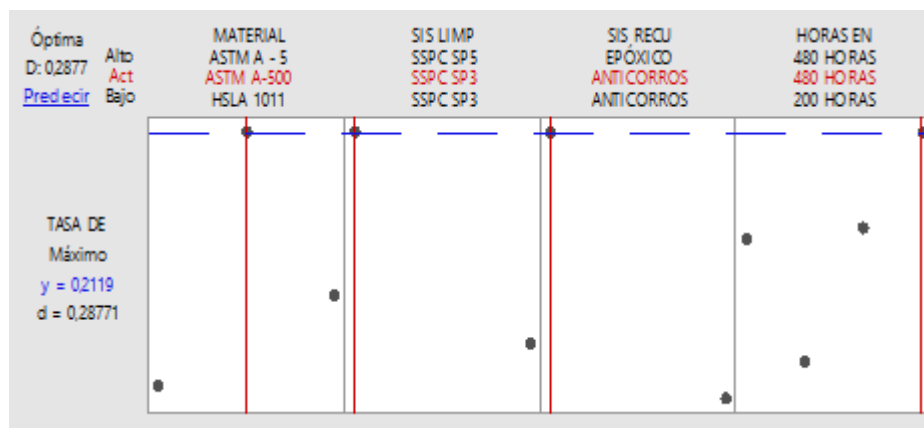


Fig. 4.39.- Optimización de parámetros máximos.

Fuente: Autor

En la Figura 4.40, se analiza cuál de los sistemas fallo al inicio del ensayo en las primeras 200 horas, teniendo que la tasa máxima de corrosión fue de 0,1289 mm/año para el acero ASTM A-500 con una limpieza SSPC SP3 y aplicando un sistema de recubrimiento anticorrosivo.

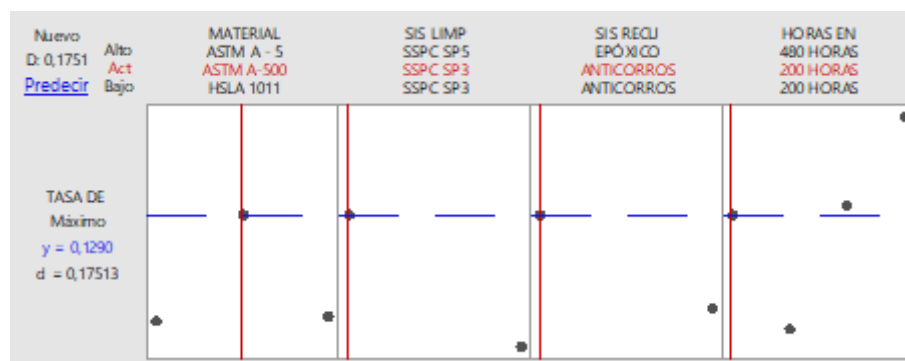


Fig. 4.40.- Optimización de parámetros máximos a 200 horas.

Fuente: Autor

El objetivo de esta investigación trata de encontrar cual es el valor máximo de tasa de corrosión que va a sufrir el acero HSLA 1011 Gr – 50, Por lo que se puede observar en la Figura 4.41 que se ha encontrado el siguiente resultado: a las 480 horas de exposición el valor máximo de tasa de corrosión promedio es de 0,0149 mm/año a la probeta que se le ha aplicado un sistema de limpieza SP3 “limpieza mecánica” y un recubrimiento anticorrosivo.

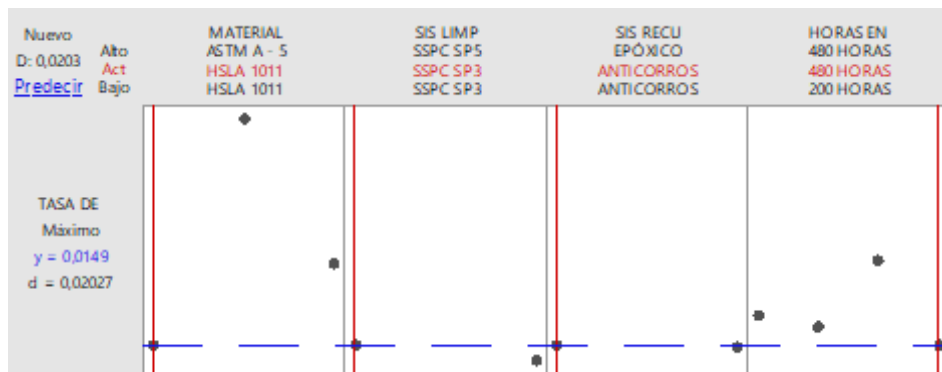


Fig. 4.41.- Valor máximo de tasa de corrosión para el acero HSLA 1011 Gr-50.

Fuente: Autor

Para el acero ASTM A – 50 Galvanizado se ha encontrado el valor máximo promedio de la tasa de corrosión al final de las 480 horas de ensayo que es de 0,0854 mm/año se lo puede visualizar en la Figura 4.42, cuyo sistema de limpieza es SP – 3 “limpieza mecánica” y el sistema de recubrimiento aplicado es el anticorrosivo.

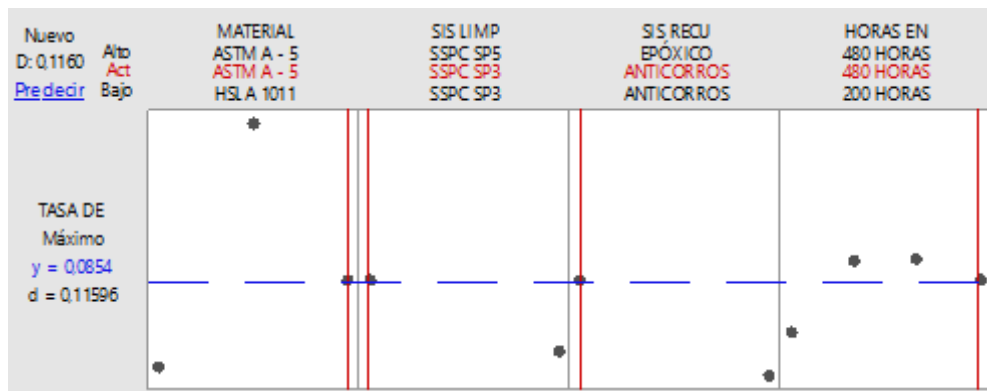


Fig. 4.42.- Valor máximo de tasa de corrosión para el acero HSLA 1011 Gr-50.

Fuente: Autor

4.3.4.- Evaluación de la tasa de corrosión para placas soldadas

4.3.4.1.- Evaluación de Tasa de corrosión para placas soldadas en 280 horas ensayo

En la Figura 4.43, se observa que el material que más se corroe es el acero HSLA 1011 Gr -50 cuyo valor es de 0,262 mm/año, mientras que en general el recubrimiento anticorrosivo es el que mayores daños sufre por sus valores altos de corrosión, hablando en cuestión de junta soldada se observa que la junta a filete es la que mayores inconvenientes tiene, la soldadura plana casi se comporta con las probetas analizadas en la sección anterior, es decir sus valores de tasa de corrosión son bajas como por ejemplo en el acero galvanizado obtiene un valor de 0,002 mm/año.

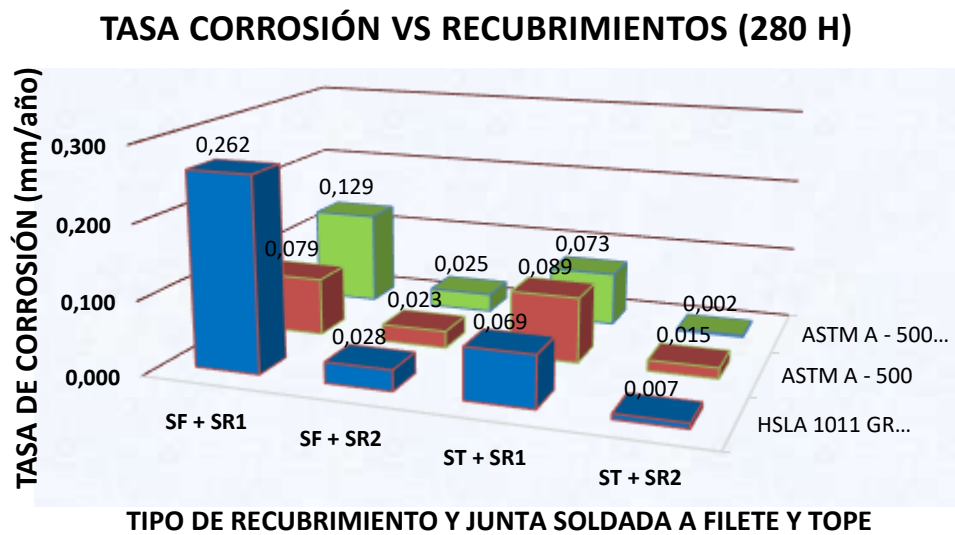


Fig 4.43: Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado vs los diferentes métodos de limpieza con juntas a filete y tope, para 280 horas.

Fuente: Autor

Adicional se puede observar que el Acero HSLA 1011 Gr- 50, posee una mayor tasa de corrosión durante las 280 horas en general sin tomar en cuenta tipo de junta soldada o recubrimiento aplicado.

En la Figura 4.44 se observan los resultados estadísticos de la corrosión de los tres tipos de materiales que han sido expuestos a la cámara de niebla salina sin ningún

tipo de recubrimiento y con las juntas soldadas a filete y tope, para un tiempo de exposición de 280 horas de ensayo.

TASA DE CORROSIÓN DE LOS TRES TIPOS DE MATERIALES SIN RECUBRIMIENTO



Fig 4.44: Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado sin ningún tipo de recubrimiento con juntas a filete y tope, para 280 horas.

Fuente: Autor

Se observa que se genera una excesiva corrosión en el acero ASTM A – 500 tanto para junta soldada a filete como soldada a tope con valores de 1,286 mm/año y 1,22 mm/año respectivamente, por lo tanto al paso de 2 años se encontrarían completamente pérdidas sus propiedades físicas y mecánicas. En segundo lugar se observa que el acero galvanizado tiene valores intermedios de corrosión mientras que el acero HSLA 1011 Gr – 50 tiene un valor mínimo de tasa de corrosión tendiendo a cero.

4.3.4.2.- Evaluación de Tasa de corrosión para placas soldadas en 480 horas ensayo

En la Figura 4.45, se observa que el material que más se corroe es el acero ASTM A – 500 para placas soldadas a filete cuyo valor es de 0,117 mm/año, seguido por el acero galvanizado pero con junta a tope con un valor cercano de 0,107 mm/año, mientras que en general el recubrimiento anticorrosivo es el que mayores daños sufre por sus valores altos encontrados, el recubrimiento epóxico presenta valores relativamente pequeños, en algunos casos no presenta tasas de corrosión alguna.

Hablando en cuestión de junta soldada se observa que la junta a filete es la que mayores inconvenientes tiene.

TASA CORROSIÓN VS RECUBRIMIENTOS (480 H)

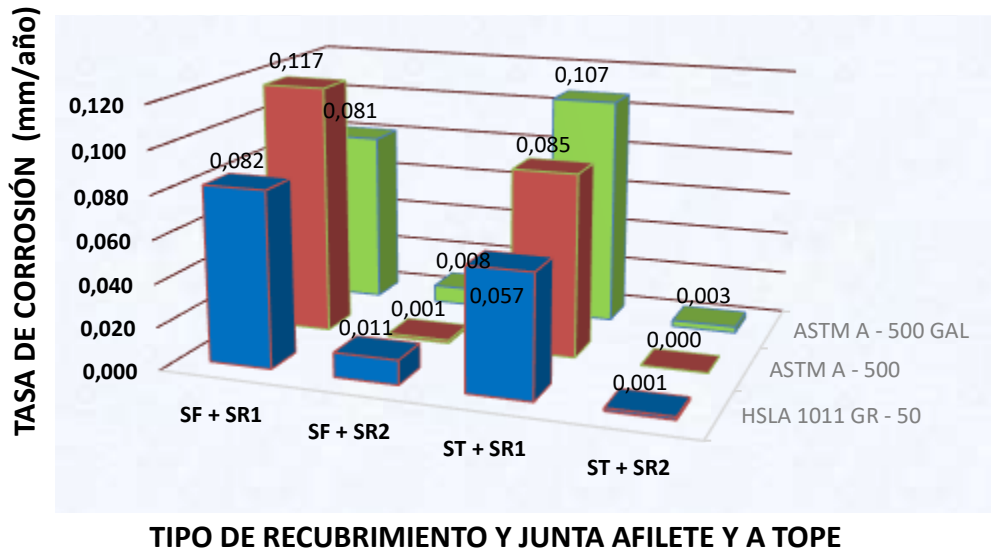


Fig 4.45: Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado vs los diferentes métodos de recubrimientos y tipo de junta filete y tope, para 480 horas.

Fuente: Autor

El Acero ASTM A - 500, posee una mayor tasa de corrosión en lo que respecta al sistema de recubrimiento anticorrosivo, mientras que el ASTM A – 500 galvanizado con el ASTM A – 500 presenta valores similares en función del recubrimiento 2.

En la Figura 4.46 se analiza la corrosión de los tres tipos de materiales que han sido expuestos a la cámara de niebla salina sin ningún tipo de recubrimiento y con las juntas soldadas a filete y tope, para un tiempo de exposición de 480 horas de ensayo.

La mayor tasa de corrosión que se presenta es en el acero ASTM A – 500 tanto para junta soldada a filete como soldada a tope con valores de 0,256 mm/año y 0,127 mm/año respectivamente, el acero HSLA 1011 Gr – 50 presenta mínimas tasas de corrosión tendiendo a cero.

TASA DE CORROSIÓN DE LOS TRES TIPOS DE MATERIALES SIN RECUBRIMIENTO



Fig 4.46: Tasa de corrosión de los materiales HSLA – ASTM A – 500 y Galvanizado sin ningún tipo de recubrimiento con juntas a filete y tope, para 280 horas.

Fuente: Autor

4.3.5.- Evaluación de la Tasa de corrosión para placas soldadas en función al tiempo

En la Figura 4.47 se observa las curvas generadas de la corrosión en función del tiempo con cada grupo de junta soldada y recubrimiento establecido en el ensayo.

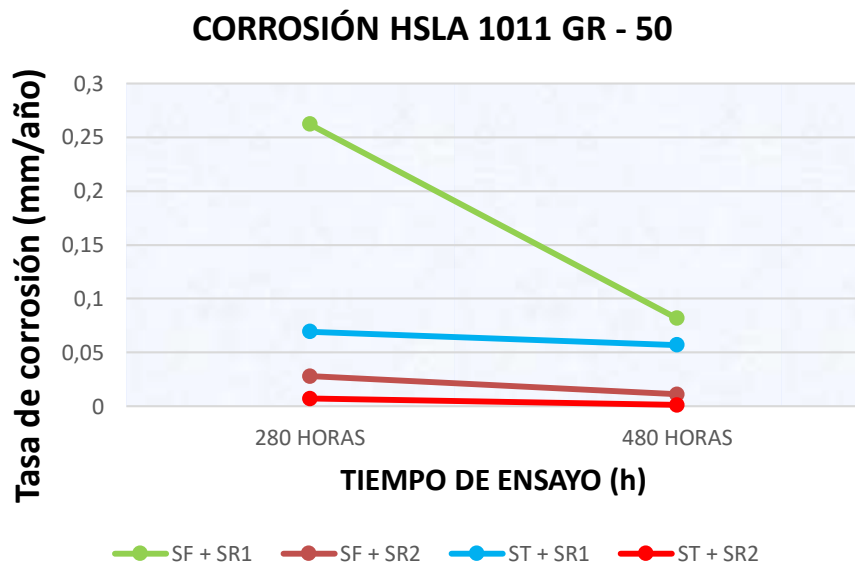


Fig 4.47: Tasa de corrosión del Acero HSLA 1011 – Gr 50 en función al tiempo de ensayo.

Fuente: Autor

De esta gráfica de comportamiento de la corrosión para el Acero HSLA 1011 Gr-50, se puede observar que la tendencia de las curvas es descendente lo que significa que tiende a estabilizarse concordando con el comportamiento teórico de corrosión. El SF + SR1 son los que presentan mayor tasa de corrosión, mientras que ST + SR2 posee un valor bajo de corrosión. Las probetas de soldadura a filete son las que se corroen más a comparación de una soldadura plana, se esperaría la convergencia de estas curvas en un cierto intervalo de tiempo a futuro. Este es el escenario de comportamiento que más se ajusta a la realidad ya que en muy pocos casos las juntas son planas.

En la Figura 4.48 el comportamiento de la corrosión para el Acero ASTM A - 500, se puede observar que la tendencia de las curvas es descendente en la mayoría de los casos lo que significa que tiende a estabilizarse concordando con el comportamiento teórico de corrosión. EL SF + SR1 se ve que todavía se encuentra en la etapa de incremento de corrosión al final de las 480 horas ya que arroja un valor alto de corrosión. En cuestión de los recubrimientos los valores más bajos los presenta los sistemas bi – capa epóxico poliuretano.

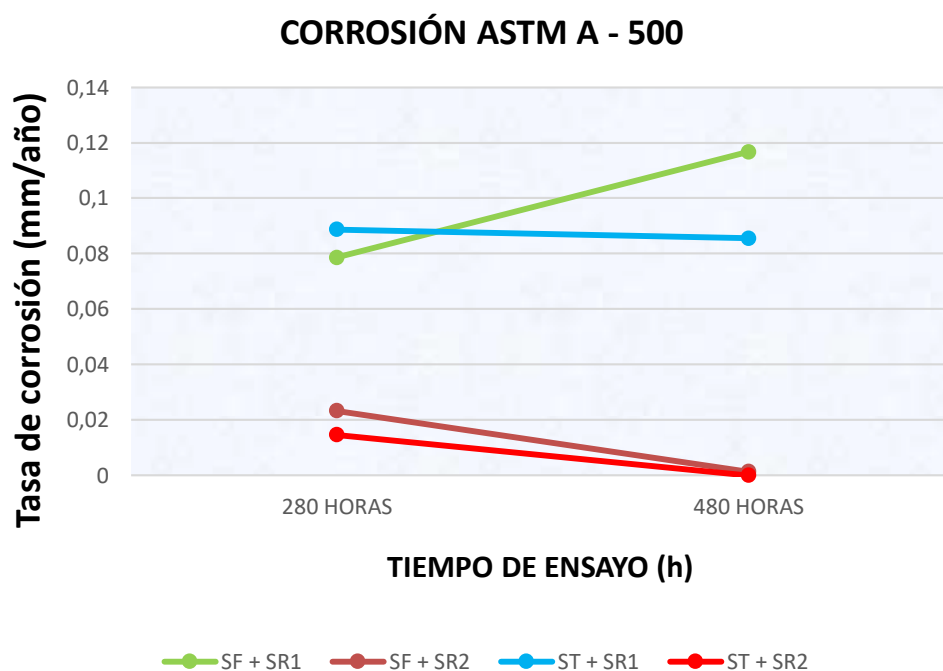


Fig 4.48: Tasa de corrosión del Acero ASTM A - 500 en función al tiempo de ensayo.

Fuente: Autor

En la Figura 4.49, el comportamiento de la corrosión para el Acero ASTM A – 500 galvanizado, se puede observar que la tendencia de las curvas es descendente en la mayoría de los casos lo que significa que tiende a estabilizarse concordando con el comportamiento teórico de corrosión. EL ST + SR1 se ve que todavía se encuentra en la etapa de incremento de corrosión al final de las 480 horas arrojando un valor alto de corrosión. En cuestión de los recubrimientos los valores más bajos los presenta los sistemas bi – capa epóxico poliuretano, mientras que el sistema de recubrimiento anticorrosivo arroja valores altos de tasa de corrosión.

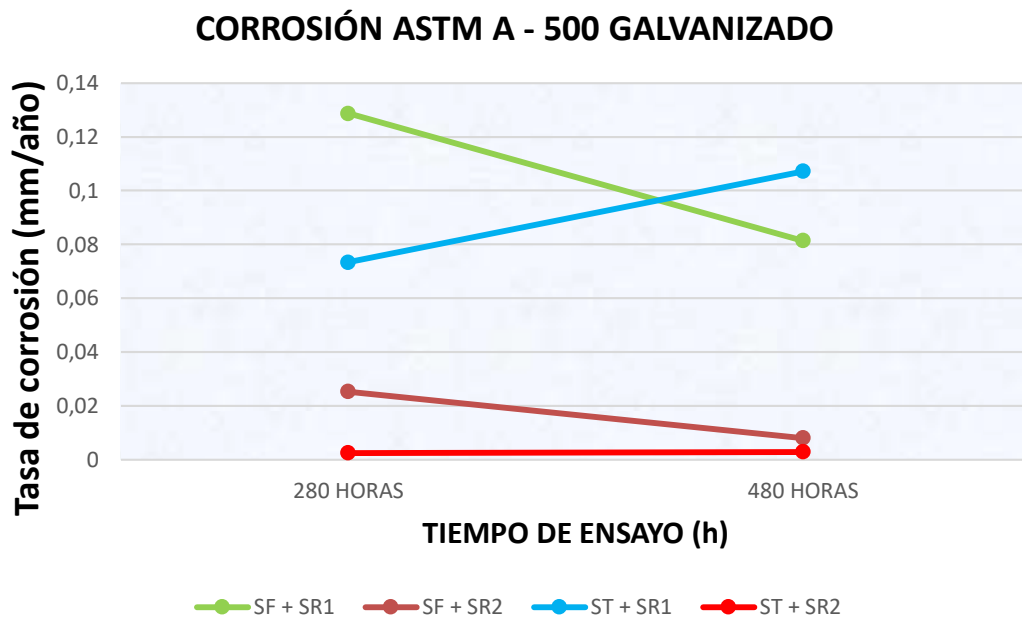


Fig 4.49: Tasa de corrosión del Acero ASTM A - 500 Galvanizado en función al tiempo de ensayo.

Fuente: Autor

4.3.6.- Análisis estadístico de la Tasa de corrosión para placas planas

4.3.6.1.- Prueba de Normalidad de los datos de Tasa de corrosión

Como se mencionó en el análisis estadístico anterior, la distribución normal permite analizar qué tan grandes son los errores del experimento, por lo tanto saber que los datos son acertados para poder darles una interpretación adecuada y encontrar los resultados valederos al final de la investigación. En la Figura 4.50 se observa que se encontró un valor de $p = 0,227$ con un 95% de confianza, haciendo una prueba

de bondad de ajuste lo que significa que los datos son correctos. Tomando en cuenta un valor de λ de 0,5.

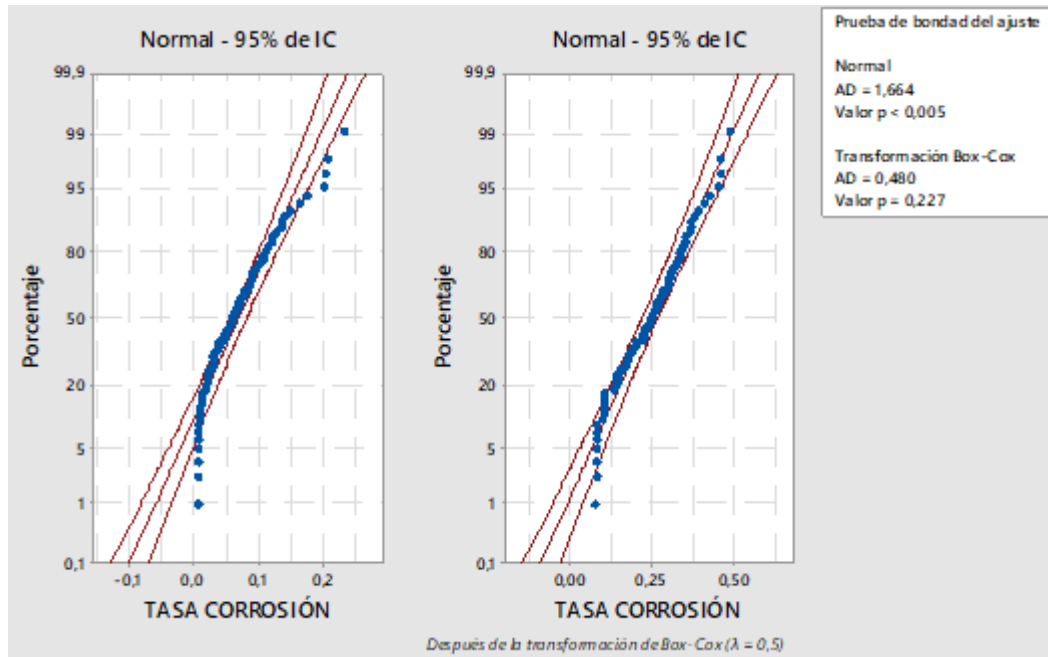


Fig. 4.50.- Probabilidad de Normalidad de la Tasa de Corrosión.

Fuente: Autor

A continuación se presenta la Tabla 4.9 en donde se desarrolla el análisis estadístico ANOVA teórico para poder encontrar los factores principales que afectan en este caso la tasa de corrosión de las probetas de juntas soldadas a tope y filete y se efectuarán sus hipótesis nulas y alternativas para poder desecharlas o darlas por aceptadas.

4.3.6.2.- Análisis de Varianza ANOVA de la tasa de corrosión para juntas soldadas

Tabla 4.9.- Determinación de efectos principales para cálculo de corrosión.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO ANOVA - TASAS DE CORROSIÓN							
MATERIAL FACTOR A	SISTEMA DE LIMPIEZA FACTOR B	SISTEMAS DE RECUBRIMIENTO FACTOR C				TOTAL Yi	MEDIA Yi
		ANTICORROSIVO FACTOR C1		EPÓXICO FACTOR C2			
		HORAS DE ENSAYO FACTOR D		HORAS DE ENSAYO FACTOR D			
		200 HORAS D1	280 HORAS D2	200 HORAS D1	280 HORAS D2		
ACERO HSLA 1011 Gr-50 FACTOR A1	JUNTA FILETE FACTOR B1	0,7505	0,3312	0,1128	0,0466	1,2410	0,62050
	JUNTA TOPE FACTOR B2	0,2772	0,2275	0,0290	0,0057	0,5395	0,26973
ACERO ASTM A-500 FACTOR A2	JUNTA FILETE FACTOR B1	0,3150	0,4676	0,0929	0,0053	0,8809	0,44044
	JUNTA TOPE FACTOR B2	0,3544	0,3419	0,0583	0,0000	0,7546	0,37731
ACERO ASTM A-500 GALVANIZADO FACTOR A3	JUNTA FILETE FACTOR B1	0,5137	0,3302	0,1025	0,0322	0,9785	0,48927
	JUNTA TOPE FACTOR B2	0,2935	0,4285	0,0098	0,0115	0,7433	0,37166
		2,5042	2,1269	0,4054	0,1013	5,1378	$\Sigma Y_{,j}$

Fuente: Autor

4.3.6.3.- Hipótesis Estadísticas para el análisis ANOVA

- Factor: A.-

Ho: El material no presenta cambios significativos por el efecto de corrosión durante el ensayo sometido a la cámara de niebla salina.

Ha: El material presenta cambios significativos por efecto de la corrosión durante el ensayo sometido a la cámara de niebla salina.

- Factor: B.-

Ho: El tipo de junta soldada realizada en el material base no afecta directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El tipo de junta soldada realizada en el material base afecta directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: C

Ho: El tipo de recubrimiento aplicado en la superficie del material base no afecta directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El tipo de recubrimiento aplicado en la superficie del material base afecta directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: D

Ho: El tiempo de exposición de los materiales en la cámara de niebla salina no afecta directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo.

Ha: El tiempo de exposición de los materiales en la cámara de niebla salina afecta directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo.

- Factor: A-B

Ho: El material conjuntamente con el tipo de junta soldada son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El material conjuntamente con el tipo de junta soldada son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: A-C

Ho: El material conjuntamente con el sistema de recubrimiento aplicado son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El material conjuntamente con el sistema de recubrimiento aplicado son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: A-D

Ho: El material conjuntamente con las horas de exposición de las probetas son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El material conjuntamente con las horas de exposición de las probetas son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: B-C

Ho: El tipo de junta soldada conjuntamente con el sistema de recubrimiento aplicado a las probetas son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El tipo de junta soldada conjuntamente con el sistema de recubrimiento aplicado a las probetas son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: B-D

Ho: El tipo de junta soldada conjuntamente con las horas de exposición de las probetas son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El tipo de junta soldada conjuntamente con las horas de exposición de las probetas son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: C-D

Ho: El sistema de recubrimiento superficial conjuntamente con las horas de exposición de las probetas son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El sistema de recubrimiento superficial conjuntamente con las horas de exposición de las probetas son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: A-B-C

Ho: El material conjuntamente con el tipo de junta soldada y el sistema de recubrimiento son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El material conjuntamente con el tipo de junta soldada y el sistema de recubrimiento son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: A-B-D

Ho: El material conjuntamente con el tipo de junta soldada y las horas de exposición de las probetas son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El material conjuntamente con el tipo de junta soldada y las horas de exposición de las probetas son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: A-C-D

Ho: El material conjuntamente con el sistema de recubrimiento y las horas de exposición de las probetas son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El material conjuntamente con el sistema de recubrimiento y las horas de exposición de las probetas son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: B-C-D

Ho: El tipo de junta soldada conjuntamente con el sistema de recubrimiento y las horas de exposición de las probetas son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El tipo de junta soldada conjuntamente con el sistema de recubrimiento y las horas de exposición de las probetas son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

- Factor: A-B-C-D

Ho: El material conjuntamente con el tipo de junta soldada, con el sistema de recubrimiento y las horas de exposición de las probetas son parámetros que no afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

Ha: El material conjuntamente con el tipo de junta soldada, con el sistema de recubrimiento y las horas de exposición de las probetas son parámetros que afectan directamente en la tasa de corrosión al final del ensayo de cámara de niebla salina.

4.3.6.4.- Determinación de significancia mediante el Análisis teórico de Varianza ANOVA de la tasa de corrosión

Establecidas las hipótesis se realiza el cálculo teórico de ANOVA presentado en la Tabla 4.11, en donde se establece que los factores más significativos son: Factores principales B: Tipo de junta soldada, C: sistema de recubrimiento y D: Tiempo de ensayo, mientras que de las interacciones la más significativa es la de los factores B-D: Tipo de junta soldada conjuntamente con el tiempo de ensayo y A-C-D: Material conjuntamente con el sistema de recubrimiento y tiempo de ensayo, esto debido a que los valores de F_c (Fisher calculado) son mayores a los valor de F_o encontrados en las tablas con una confiabilidad del 95%. En estas nos centraremos para el análisis de las hipótesis y al final poder determinar cuál es el parámetro más

crítico que permite tener elevadas tasa de corrosión causando un daño al material base y a la junta soldada. En la tabla 4.10 se detallan los factores utilizados para este análisis.

Tabla 4.10.- Información de factores para análisis ANOVA

Factor	Nivel	Valores
MATERIAL	3	HSLA 1011 Gr-50. ASTM A-500. ASTM A-500 GALVANIZADO
TIPO JUNTA	2	FILETE. TOPE
TIPO RECUBRIMIENTO	2	ANTICORROSIVO. EPOXICO
HORA ENSAYO	2	280 HORAS. 480 HORAS

Fuente: Autor

Tabla 4.11.- Determinación de significancia de factores mediante Análisis ANOVA para la Tasa de Corrosión

ANÁLISIS ESTADÍSTICO - TASAS DE CORROSIÓN HSLA TABLA ANOVA						
FV	SC	GL	CM	FO	F_o TABLA CONF: 95%	SIGNIFICANCIA
EFFECTO A	0,000332	2	0,00016615	0,186418143	3,1266	NO SIGNIFICATIVO
EFFECTO B	0,011770	1	0,01177037	13,20635217	3,9764	SIGNIFICATIVO
EFFECTO C	0,177205	1	0,17720451	198,8234701	3,9764	SIGNIFICATIVO
EFFECTO D	0,004837	1	0,00483702	5,427134279	3,9764	SIGNIFICATIVO
EFFECTO AB	0,005836	2	0,00291810	3,274105588	3,1266	NO SIGNIFICATIVO
EFFECTO AC	0,000134	2	0,00006707	0,075257777	3,1266	NO SIGNIFICATIVO
EFFECTO AD	0,005342	2	0,00267123	2,997124302	3,1266	NO SIGNIFICATIVO
EFFECTO BC	0,002680	1	0,00267969	3,006616779	3,9764	NO SIGNIFICATIVO
EFFECTO BD	0,004634	1	0,00463394	5,199284907	3,9764	SIGNIFICATIVO
EFFECTO CD	0,000056	1	0,00005575	0,062548955	3,9764	NO SIGNIFICATIVO
EFFECTO ABC	0,003783	2	0,00189150	2,122263112	3,1266	NO SIGNIFICATIVO
EFFECTO ABD	0,006024	2	0,00301200	3,379464179	3,1266	NO SIGNIFICATIVO
EFFECTO ACD	0,007013	2	0,00350650	3,934293208	3,1266	SIGNIFICATIVO
EFFECTO BCD	0,001495	1	0,00149500	1,677390089	3,9764	NO SIGNIFICATIVO
EFFECTO ABCD	0,004923	2	0,00246171	2,762039101	3,1266	NO SIGNIFICATIVO
ERROR	0,064171	72	0,00089127			
TOTAL	0,300236	95				

Fuente: Autor

4.3.6.5.- Verificación mediante uso de software

Para confiabilidad de los resultados se realiza un cálculo mediante el uso de software obteniendo la Tabla 4.12 y se puede ratificar que los valores de significancia se encuentran en los factores B, C, D, BD y ACD.

Tabla 4.12.- Determinación de significancia de factores mediante Análisis ANOVA para la Tasa de Corrosión en software.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	23	0,236065	0,010264	11,52	0,000
Lineal	5	0,194144	0,038829	43,57	0,000
Material	2	0,000332	0,000166	0,19	0,830
Tipo junta	1	0,011770	0,011770	13,21	0,001
Tipo recubrimiento	1	0,177204	0,177204	198,82	0,000
Hora ensayo	1	0,004837	0,004837	5,43	0,023
Interacciones de 2 términos	9	0,018682	0,002076	2,33	0,023
Material*tipo junta	2	0,005836	0,002918	3,27	0,044
Material*tipo recubrimiento	2	0,000134	0,000067	0,08	0,928
Material*hora ensayo	2	0,005342	0,002671	3,00	0,056
Tipo junta*tipo recubrimiento	1	0,002680	0,002680	3,01	0,087
Tipo junta*hora ensayo	1	0,004634	0,004634	5,20	0,026
Tipo recubrimiento*hora ensayo	1	0,000056	0,000056	0,06	0,803
Interacciones de 3 términos	7		0,002617	2,94	0,009
Material*tipo junta*tipo recubrimiento	2	0,003783	0,001892	2,12	0,127
Material*tipo junta*hora ensayo	2	0,006024	0,003012	3,38	0,040
Material*tipo recubrimiento*hora ensayo	2	0,007013	0,003507	3,93	0,024
Tipo junta*tipo recubrimiento*hora ensayo	1	0,001495	0,001495	1,68	0,199
Interacciones de 4 términos	2	0,004923	0,002461	2,76	0,070
Material*tipo junta*tipo recubrimiento*hora ensayo	2	0,004923	0,002461	2,76	0,070
Error	72	0,064171	0,000891		
Total	95	0,300236			

Fuente: Autor

El análisis de Varianza que presenta la Tabla 4.11 y 4.12, permite concluir que no influyen los efectos A, AB, AC, AD, BC, CD, ABC, ABD, BCD y ABCD, dado que el valor de p es mayor que el nivel de confianza para los intervalos a $\alpha = 0,05$ (95%). Por otra parte los efectos de mayor significancia y que se encuentran activos son: B, C, D y la interacción BD y ACD estos son los cinco efectos que se deben interpretar. Mientras que los efectos que no influyeron se aceptan las hipótesis nulas.

En la Figura 4.51 se observa que el efecto más importante es el factor C: Sistema de recubrimiento con un valor de p = 0, seguido por el factor B: Junta soldada cuyo valor de p = 0,00051994, el factor D: Tiempo de ensayo cuyo valor de p = 0,02263470, mientras que los factores de interacción B-D: Junta soldada + tiempo de ensayo con un valor de p = 0,02555918 y los factores A-C-D: Material + sistema de recubrimiento + tiempo de ensayo cuyo valor de p = 0,02390046, gracias a este análisis se puede decir que se aceptan las variable alternativas de estos factores, siendo importante evaluar mediante un análisis de residuos la calidad del modelo de efectos antes de considerar al factor C como el más crítico en lo que se refiere a tasas de corrosión elevadas. Gráficamente esto se lo puede observar en el diagrama de Pareto presentado a continuación.

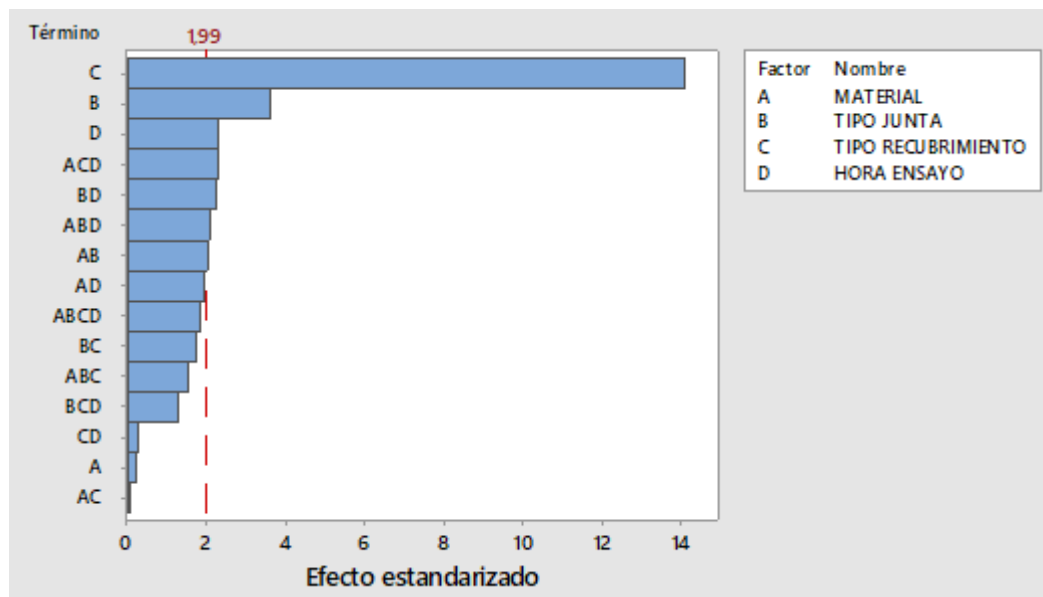


Fig. 4.51.- Diagrama de Pareto de efectos estandarizados.

Fuente: Autor

4.3.6.7.- Interpretación de Resultados

Para este caso en específico y cumplir con el objetivo planteado de la investigación se analizará la incidencia de la tasa de corrosión en la juntas soldadas, como se ven afectados los recubrimientos y el material HSLA 1011 Gr – 50 en el ambiente al cual se ha expuesto, de igual manera una relación con los otros materiales ensayados ASTM A – 500 y ASTM A – 500 Galvanizado y poder seleccionar el factor que cause una menor pérdida de masa en el material. Lo que significaría ahorro en mantenimientos por efectos de corrosión en estructuras y equipos. Se analizarán desde los dos puntos de vista los valores máximos y los mínimos ya que ellos nos dirán cuál es el factor que más afecta la corrosión.

En esta sección es importante poder determinar cómo varía la corrosión en función de las juntas soldadas a tope y filete.

Factor C: Sistema de Recubrimiento

Para el factor de recubrimiento se observa que el sistema anticorrosivo es el método más débil con respecto a protección, lo que se puede verificar en el análisis cualitativo por la cantidad de ampolladuras y pérdida de recubrimiento que se producen de acuerdo a la norma ASTM D714, cuantitativamente el valor encontrado es 0,0964827 mm/año, mientras que para el sistema epóxico se tiene un valor mínimo de 0,0105554 mm/año. Lo que significa que menor afección sufre con el sistema de recubrimiento epóxico como se observa en la Figura 4.52.

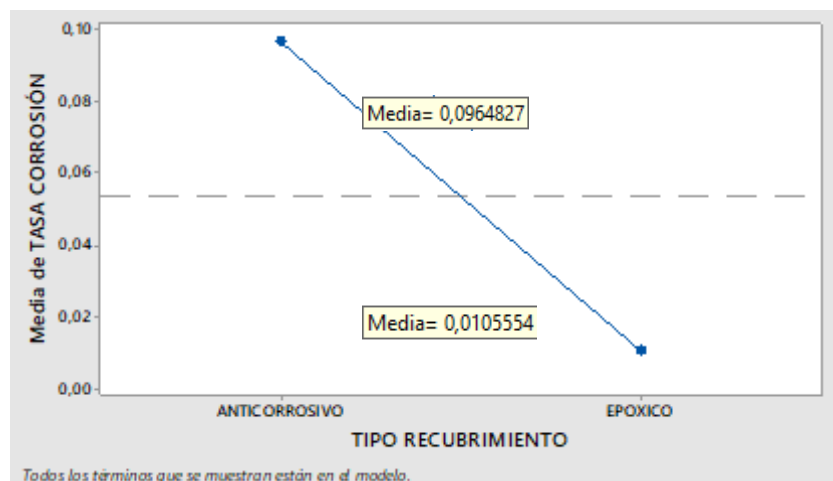


Fig. 4.52.- Factor principal C con respecto a tasa de corrosión.

Fuente: Autor

Factor B: Tipo de Junta soldada

En la Figura 4.53 se observa que el valor máximo de corrosión se presenta en la junta soldada a filete cuyo valor es de 0,0645919 mm/año. Con respecto al valor mínimo se sabe que lo posee la junta soldada a tope con un valor de 0,0424462 mm/año, esto debido a que la junta a filete tiende a mantener residuos líquidos en las uniones angulares de las placas causando una mayor descomposición química, por ende corrosión del material base.

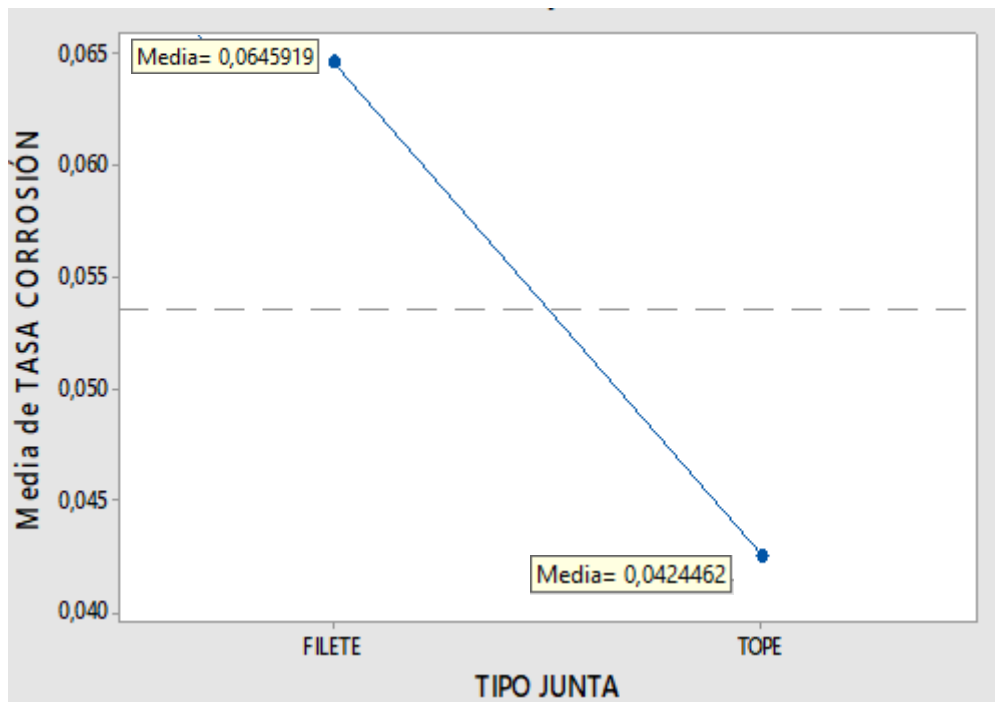


Fig. 4.53.- Factor principal B con respecto a tasa de corrosión.

Fuente: Autor

Factor D: Tiempo de ensayo

La Figura 4.54 es muy importante ya que físicamente se puede observar el comportamiento de la corrosión, lo que sucede generalmente y verificarlo con la teoría. Esta menciona que el efecto de corrosión es mucho más elevado en los primeros días de exposición y a medida que transcurre el tiempo, tiende a disminuir y por último estabilizarse. Para estos datos se tiene que el valor máximo de tasa de corrosión es de 0,0606173 mm/año, mientras que para las 480 horas de exposición se observa el decrecimiento de la tasa de corrosión logrando un valor de 0,0464208 mm/año. A mayor cantidad de horas de ensayo esta tendería a estabilizarse.

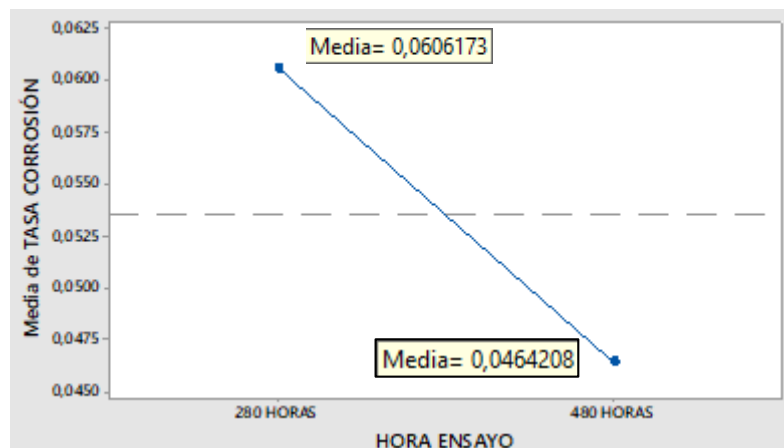


Fig. 4.54.- Factor principal D con respecto a tasa de corrosión.
Fuente: Autor

Factor B-D: Interacción tipo de junta soldada – tiempo de ensayo.

Dentro de la interacción B – D “Junta soldada – tiempo de ensayo” se puede observar que para el tipo de junta soldada a tope la tasa de corrosión llega a ser la mínima alcanzando un valor de 0,0422956 mm/año tanto para las 280 horas como para las 480 horas de ensayo, como se mencionó anteriormente estas tienden a estabilizarse con respecto al tiempo. Por otro lado la soldadura a filete alcanza su mayor valor de corrosión 0,0786378 mm/año a las 280 horas, mientras que para las 480 horas su valor ha decrecido a 0,505459 mm/año. De igual manera sucede si se analizara los factores de D – B que es inverso. Estos valores se los puede verificar en la Figura 4.55.

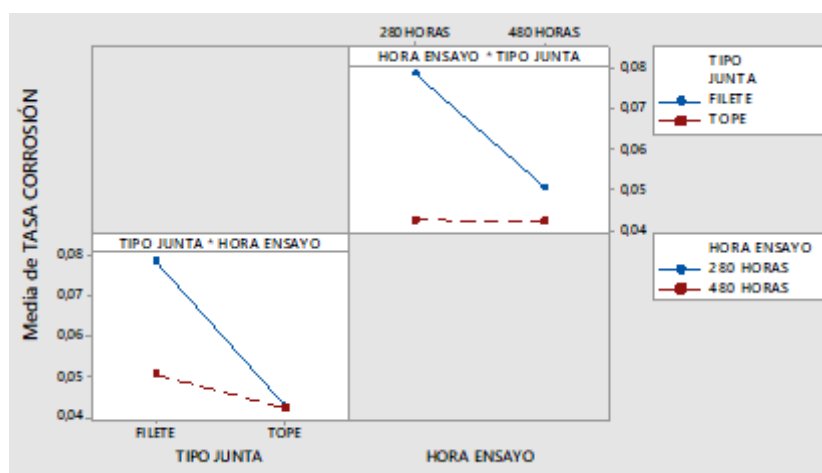


Fig. 4.55.- Factor de interacción B-D con respecto a tasa de corrosión.
Fuente: Autor

Factor A-C-D: Interacción Material – Sistema de recubrimiento - tiempo de ensayo.

En la Figura 4.56, se muestra todas las interacciones que se producen con los factores ACD para de ellas poder determinar los valores que permitirán recomendar la mejor propuesta.

Con respecto al material se puede decir que el valor de la tasa de corrosión más elevada se encuentra en aquellas probetas a las cuales se le aplicaron un sistema de recubrimiento anticorrosivo teniendo los valores de: HSLA 1011 Gr – 50 = 0,0991492 mm/año, ASTM A – 500 = 0.0924318 mm/año y para el ASTM A – 500 Galvanizado = 0,0978673 mm/año. Una observación que se tiene es que el material HSLA 1011 Gr-50 en este ensayo posee una mayor tasa de corrosión en relación al acero ASTM A-500 y también al galvanizado.

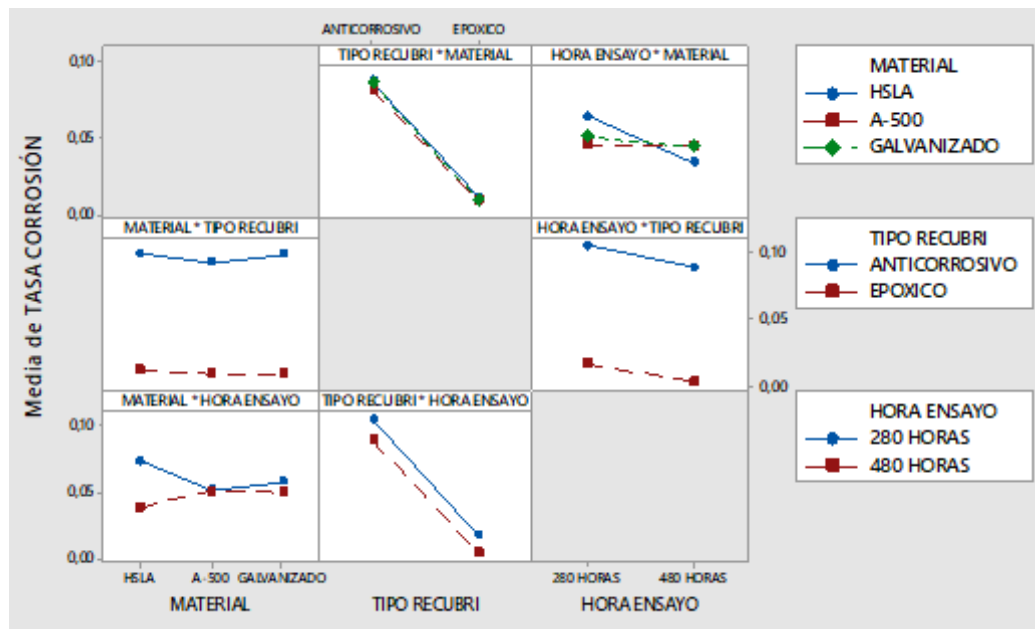


Fig. 4.56.- Factor de interacción A-C-D con respecto a tasa de corrosión.

Fuente: Autor

4.3.6.8.- Verificación del análisis mediante la gráfica de los residuos

Se recomienda evaluar mediante el análisis de los residuos siempre que se a posible el cumplimiento de los supuestos de normalidad, varianza constante, independencia y la ausencia de observaciones atípicas. En la Figura 4.57 se observa la presencia de datos alejados que pueden ser consideradas como errores debido al número de

observaciones que tiene el experimento 96, pero se las tiende a no tomar en cuenta dando como resultado un valor de normalidad de residuos y aceptando los datos.

De igual manera se puede observar que en el histograma que la media aritmética tiende a cero, finalmente en la gráfica de residuos vs orden de observación se tiene que no existe ningún tipo de patrón sin correlación alguna.

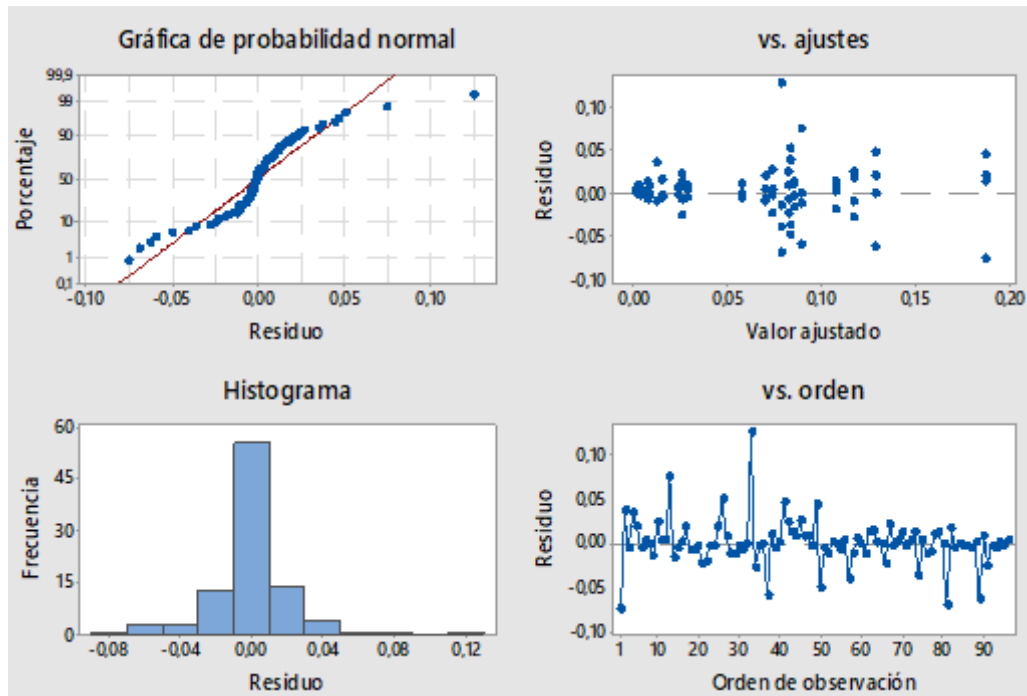


Fig. 4.57.- Parámetros de residuos.

Fuente: Autor

4.3.6.9.- Optimización de los factores de Tasa de corrosión para placas soldadas

El objetivo de la optimización es poder determinar los parámetros adecuados que han resistido de manera eficiente el ensayo, lo que representará que en la vida cotidiana y en ambiente normal se prolongue la protección del material base.

El valor mínimo de tasa de corrosión que se encontró a partir de la Figura 4.58, es de 0,0014 mm/año, para el material HSLA 1011 Gr-50, al cual se le ha sometido a una soldadura tipo tope y se le ha aplicado un sistema de recubrimiento epóxico, este valor mínimo que se ha encontrado de tasa de corrosión corresponde a un tiempo de 480 horas.

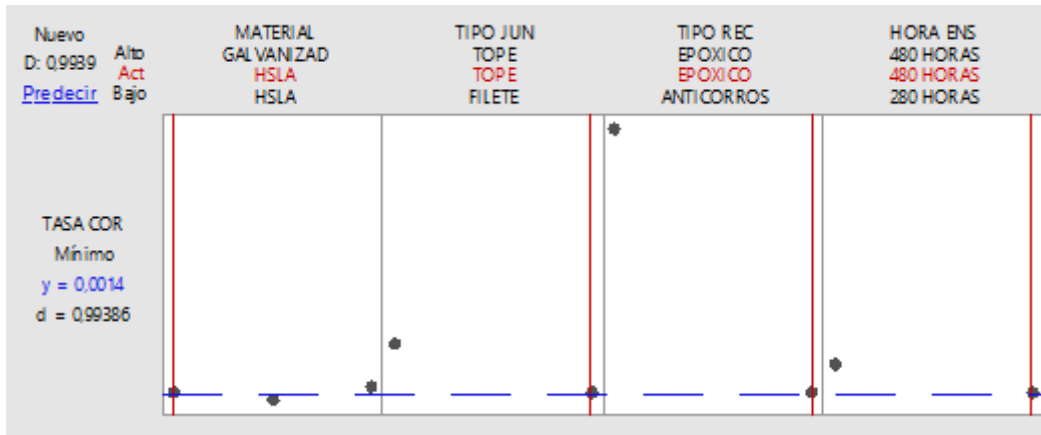


Fig. 4.58.- Optimización de parámetros mínimos.

Fuente: Autor

Por otra parte se determinó cómo los factores se interaccionan para obtener el valor máximo de corrosión, en otras palabras como se puede llegar a degradar el recubrimiento en mayor tiempo de exposición, de la misma manera afectar al material base.

El valor máximo de tasa de corrosión se encontró a partir de la Figura 4.59, se encontró que es de 0,1876 mm/año, para el material HSLA 1011 Gr-50, cuya junta soldada es tipo filete, al cual se le ha aplicado un sistema de recubrimiento anticorrosivo y este valor que se ha encontrado de tasa de corrosión corresponde a un tiempo de 280 horas.

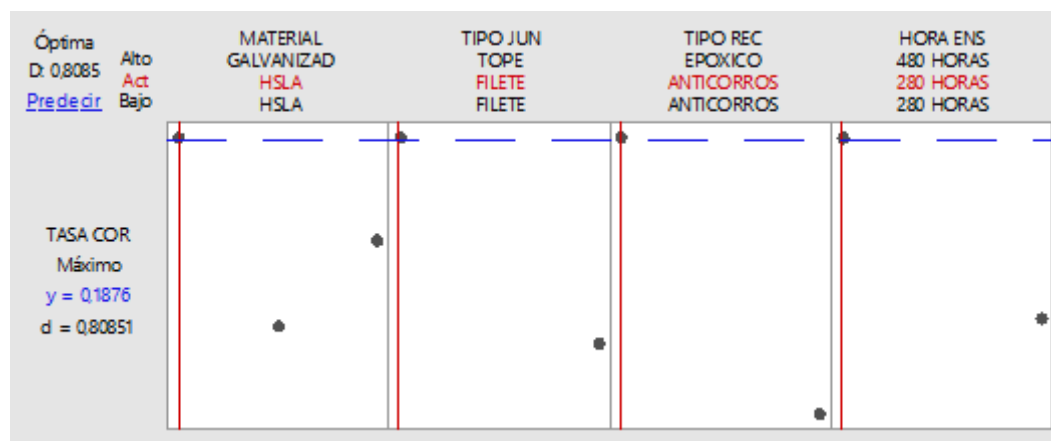


Fig. 4.59.- Optimización de parámetros máximos.




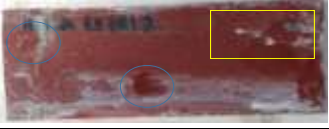
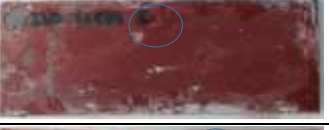





Fuente: Autor



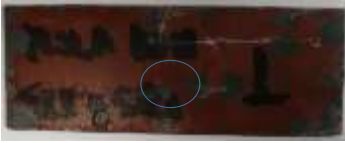







4.4.- Análisis cualitativo del grado de corrosión y grados de ampolladura de acuerdo a normas ASTM D – 610 y ASTM D – 714

Para la evaluación del grado de corrosión que presentaron en los especímenes, se utilizaron los métodos y procedimientos de la Norma ASTM D 610, en donde los patrones de referencia en esta norma poseen una escala del 1 al 9 y manifiestan el porcentaje de oxidación que se presenta en la superficie del material. Mientras que para determinación del grado de ampolladura se utilizarán los métodos y procedimientos de la Norma ASTM D – 714 en la cual indica el tamaño de ampolladura en función de la escala del 2 al 8, donde 2 representa tamaños largos progresivos y el 8 representa tamaños pequeños de ampolladuras.

4.4.1.- Ficha técnica del grado de corrosión y del grado de ampollamiento de las muestras ensayadas.



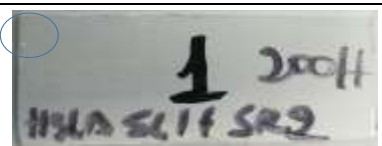



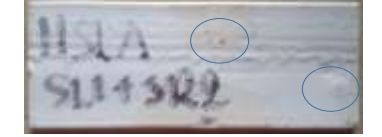
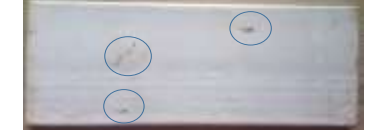

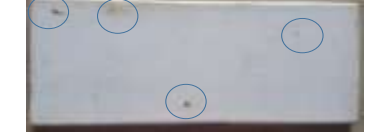
Ficha Técnica 4.19.- Grado corrosión y ampolladura HSLA 1011 Gr-50: SL1+SR1




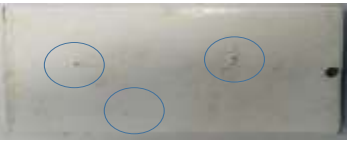


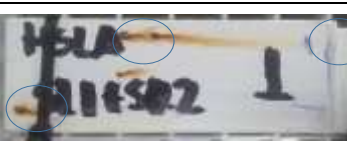



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
		MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA				
		TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				Pag: 1 de 2
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01				
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	HSLA 1011 GR - 50	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	S5PC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	CODIFICACIÓN:	SL1 + SR1			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
200 H - P:01		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ: 2-F
200 H - P:02		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	BZ 2-F
200 H - P:03		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ 2-F
200 H - P:04		0	0	N/A	No se observa características de corrosión	BZ 2 - F
280 H - P:01		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ 8 - F
280 H - P:02		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ 6 - F
280 H - P:03		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ 2 - MD
280 H - P:04		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ 2 - MD
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña			
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Tutor			

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
		TIPO DE ESTUDIO:		PRUEBA DE LABORATORIO			
TIPO DE PRUEBA		INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 2 de 2			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS							
LUGAR DE EJECUCIÓN:		LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:		CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:		ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:		200 - 480 HORAS	MATERIAL:	HSLA 1011 GR - 50	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:		ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	CODIFICACIÓN:		SL1 + SR1		
DATOS Y RESULTADOS							
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714	
		%	VISUAL	GRADO			
380 H - P:01		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ: 2 - M	
380 H - P:02		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ: 2 - M	
380 H - P:03		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ: 2 - M	
380 H - P:04		0	0	N/A	No se observa características de corrosión	BZ: 4 - M	
480 H - P:01		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ: 2 - M	
480 H - P:02		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ: 2 - F	
480 H - P:03		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ: 2 - F	
480 H - P:04		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ: 2 - M	
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:							
El grado de corrosión final es: 0 con un grado de ampolladura máximo: 2 - M							
Name/Nombre:		Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:	
Position/Cargo:		Ing. Cristian Guilcasso		Ing. Cristian Guilcasso		Ing. Francisco Peña	
		Investigador		Investigador		Tutor	

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.20.- Grado corrosión y ampolladura HSLA 1011 Gr50:SL1+SR2

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
	TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 2		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	HSLA 1011 GR - 50	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	Hempadur Mastic 45881; Hempthane Topcoat 55210	CODIFICACIÓN:	SL1 + SR2			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
200 H - P:01		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ 4 - F
200 H - P:02		0,10%	G	8	8-G; 0,1%	No se observa ampollamiento
200 H - P:03		0,10%	G	8	8-G; 0,1%	No se observa ampollamiento
200 H - P:04		0,10%	G	8	8-G; 0,1%	No se observa ampollamiento
280 H - P:01		0,03%	G	9	9-G; 0,03%	BZ: 2 - F
280 H - P:02		0,30%	G	7	7-G; 0,3%	No se observa ampollamiento
280 H - P:03		0	0	N/A	No se observa de corrosión	No se observa ampollamiento
280 H - P:04		0,30%	G	7	7-G; 0,3%	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña			
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Tutor			

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 2 de 2			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	HSLA 1011 GR - 50	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	Hempadur Mastic 45881; Hempthane Topcoat 55210	CODIFICACIÓN:	SL1 + SR2			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
380 H - P:01		0,10%	G	8	8-G; 0,1%	No se observa ampollamiento
380 H - P:02		0,03%	G	9	9-G; 0,03%	BZ: 2 - F
380 H - P:03		0,30%	G	7	7-G; 0,3%	No se observa ampollamiento
380 H - P:04		0,03%	G	9	9-G; 0,03%	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		3,00%	G	5	5-G; 3 %	BZ: 4 - F
480 H - P:02		0,00%	0	0	No se observa de corrosión	BZ: 4 - M
480 H - P:03		0,00%	0	0	No se observa de corrosión	BZ: 2 - F
480 H - P:04		0,00%	0	0	No se observa de corrosión	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 0,37-G, con un grado de ampolladura máximo: 2 - M						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña			
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Tutor			

Fuente: Autor







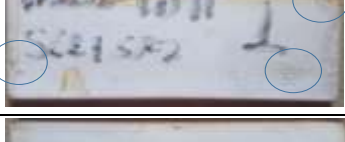


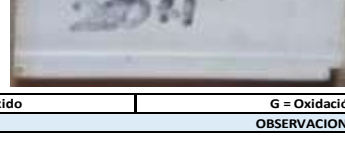
Ficha Técnica 4.21.- Grado corrosión y ampolladura HSLA 1011 Gr50:SL2+SR1



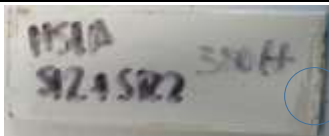



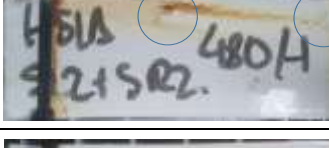


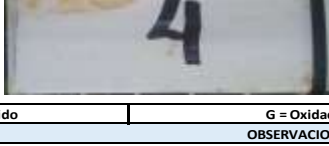
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 2			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	HSLA 1011 GR - 50	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 5	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	CODIFICACIÓN:		SL2 + SR1			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
200 H - P:01		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ: 2 - F
200 H - P:02		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ: 2 - F
200 H - P:03		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ: 2 - F
200 H - P:04		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ: 2 - F
280 H - P:01		0	0	N/A	No se observa de corrosión	No se observa ampollamiento
280 H - P:02		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ: 8 - MD
280 H - P:03		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ: 6 - F
280 H - P:04		0	0	N/A	No se observa de corrosión	BZ: 8 - F
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña			
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Tutor			

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 2 de 2			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	HSLA 1011 GR - 50	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 5	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:			CODIFICACIÓN:	SL2 + SR1		
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
380 H - P:01		3,00%	S	5	5-S; 3 %	No se observa ampollamiento
380 H - P:02		3,00%	S	5	5-S; 3 %	No se observa ampollamiento
380 H - P:03		1,00%	S	6	6-S; 1 %	No se observa ampollamiento
380 H - P:04		0,00%	0	0	No se observa de corrosión	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		0,30%	S	7	7-S; 0,3 %	No se observa ampollamiento
480 H - P:02		0,00%	0	0	No se observa características de corrosión	No se observa ampollamiento
480 H - P:03		0,00%	0	0	No se observa de corrosión	No se observa ampollamiento
480 H - P:04		3,00%	S	5	5-S; 3 %	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 5-5 al 3%; con un grado de ampolladura máximo: 2 - F						
	Register by / Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:			
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña			
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Tutor			

Fuente: Autor








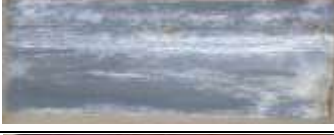
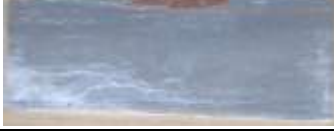

Ficha Técnica 4.22.- Grado corrosión y ampolladura HSLA 1011 Gr50:SL2+SR2


	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 2			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	HSLA 1011 GR - 50	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 5	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	Hempadur Mastic 45881; Hempthane Topcoat 55210		CODIFICACIÓN:	SL2 + SR2		
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
200 H - P:01		0,10%	P	6	6 - P; 1%	No se observa ampollamiento
200 H - P:02		0,10%	G	8	8 - G; 0,1%	BZ 2-F
200 H - P:03		1,00%	P	6	6 - P; 1%	No se observa ampollamiento
200 H - P:04		3,00%	P	5	5 - P; 3%	No se observa ampollamiento
280 H - P:01		3,00%	P	5	5 - P; 3%	BZ: 6 - MD
280 H - P:02		1,00%	S	6	6 - S; 1%	BZ: 4 - M
280 H - P:03		0,00%	0	0	No se observa de corrosión	BZ: 4 - M
280 H - P:04		0,00%	0	0	No se observa de corrosión	BZ: 2 - F
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P = Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña			
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Tutor			

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
		MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA						
		TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO					
		TIPO DE PRUEBA	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 2 de 2			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS								
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO							
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400							
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019			
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	HSLA 1011 GR - 50	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 5			
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	Hempadur Mastic 45881; Hempthane Topcoat 55210		CODIFICACIÓN:	SL2 + SR2				
DATOS Y RESULTADOS								
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714		
		%	VISUAL	GRADO				
380 H - P:01		0,10%	G	8	8 - G; 0,1%	BZ: 4 - M		
380 H - P:02		0,10%	G	8	8 - G; 0,1%	No se observa ampollamiento		
380 H - P:03		0,10%	P	8	8 - P; 0,1%	No se observa ampollamiento		
380 H - P:04		3,00%	G	5	5 - G; 3%	No se observa ampollamiento		
480 H - P:01		3,00%	G	5	5 - G; 3%	BZ: 4 - MD		
480 H - P:02		0,10%	G	8	8 - G; 0,1%	No se observa ampollamiento		
480 H - P:03		1,00%	S	6	6 - S; 1%	BZ: 4 - F		
480 H - P:04		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento		
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa			
OBSERVACIONES:								
El grado de corrosión final es: 4 - S AL 10% con un grado de ampolladura máximo: 4 - M								
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:				
Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Francisco Peña				
Position/Cargo:		Investigador		Tutor				

Fuente: Autor








Ficha Técnica 4.23.- Grado corrosión y ampolladura HSLA 1011 Gr-50: S/R











	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 2			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	HSLA 1011 GR - 50	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	S/N	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	SIN RECUBRIMIENTO		CODIFICACIÓN:	S/R		
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
200 H - P:01		0,00%	0	0	No se observa de corrosión	No se observa ampollamiento
200 H - P:02		0,10%	G	8	8 - G; 0,1%	No se observa ampollamiento
200 H - P:03		0,10%	G	8	8 - G; 0,1%	No se observa ampollamiento
200 H - P:04		0,10%	G	8	8 - G; 0,1%	No se observa ampollamiento
280 H - P:01		0,00%	0	0	No se observa de corrosión	No se observa ampollamiento
280 H - P:02		0,00%	0	0	No se observa de corrosión	No se observa ampollamiento
280 H - P:03		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento
280 H - P:04		1,00%	S	6	6 - S; 1%	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:						
Name/Nombre:	Register by / Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:			
Position/Cargo:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña			
	Investigador	Investigador	Tutor			

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 2 de 2			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA: 18/09/2019		
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	HSLA 1011 GR - 50	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1: S/N		
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	SIN RECUBRIMIENTO	CODIFICACIÓN:	S/R			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
380 H - P:01		0,00%	0	0	No se observa de corrosión	No se observa ampollamiento
380 H - P:02		0,00%	0	0	No se observa de corrosión	No se observa ampollamiento
380 H - P:03		0,00%	0	0	No se observa de corrosión	No se observa ampollamiento
380 H - P:04		0,10%	G	8	8 - G; 0,1%	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		3,00%	G	5	5 - G; 3%	No se observa ampollamiento
480 H - P:02		1,00%	S	6	6 - S; 1%	No se observa ampollamiento
480 H - P:03		0,00%	0	0	No se observa de corrosión	No se observa ampollamiento
480 H - P:04		10%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P = Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 4 - S al 10% con un grado de ampolladura máximo: 0						
Name/Nombre:	Register by / Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:			
	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña			
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Tutor			

Fuente: Autor



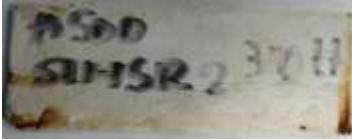







Ficha Técnica 4.24.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A - 500: SL1+SR1



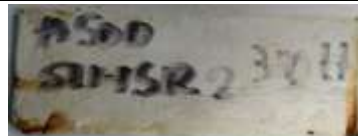







	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
	TIPO DE PRUEBA	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 2		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC		CODIFICACIÓN:	SL1 + SR1		
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
200 H - P:01		3,00%	G	5	5 - G; 3%	BZ: 6 - M
200 H - P:02		3,00%	S	5	5 - S; 3%	BZ: 6 - M
200 H - P:03		10,00%	S	4	4 - S; 10%	BZ: 8 - M
200 H - P:04		16,00%	G	3	3 - G; 16%	BZ: 6 - M
280 H - P:01		3,00%	S	5	5 - S; 3%	BZ: 6 - MD
280 H - P:02		3,00%	S	5	5 - S; 3%	BZ: 6 - MD
280 H - P:03		1,00%	S	6	6 - S; 1%	BZ: 6 - MD
280 H - P:04		1,00%	S	6	6 - S; 1%	BZ: 8 - MD
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:		Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Francisco Peña		
Position/Cargo:		Investigador		Instructor		

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
	TIPO DE PRUEBA	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 2 de 2		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	S5PC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	CODIFICACIÓN:	SL1 + SR1			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
380 H - P:01		10,00%	S	4	4 - S; 10%	BZ: 4 - M
380 H - P:02		16,00%	G	3	3 - G; 16%	BZ: 2 - M
380 H - P:03		10,00%	G	4	4 - G; 10%	BZ: 2 - F
380 H - P:04		33,00%	G	2	2 - G; 33%	BZ: 2 - M
480 H - P:01		16,00%	G	3	3 - G; 16%	BZ: 4 - MD
480 H - P:02		33,00%	G	2	2 - G; 33%	BZ: 2 - MD
480 H - P:03		16,00%	S	3	3 - S; 16%	BZ: 2 - MD
480 H - P:04		16,00%	G	3	3 - G; 16%	BZ: 2 - M
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P = Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 3 - G AL 16%, Grado de ampolladura 2 - M						
Name/Nombre:	Register by / Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:			
	Ing. Cristian Guilcaso Investigador	Ing. Cristian Guilcaso Investigador	Ing. Francisco Peña Instructor			

Fuente: Autor









Ficha Técnica 4.25.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A - 500: SL1+SR2











	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 2 de 2			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	Hempadur Mastic 45881; Hempathane Topcoat 55210	CODIFICACIÓN:	SL1 + SR2			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
380 H - P:01		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento
380 H - P:02		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento
380 H - P:03		33,00%	S	2	2 - S; 33%	No se observa ampollamiento
380 H - P:04		16,00%	S	3	3 - S; 16%	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		50,00%	S	1	1 - S; 50%	No se observa ampollamiento
480 H - P:02		33,00%	S	2	2 - S; 33%	No se observa ampollamiento
480 H - P:03		33,00%	S	2	2 - S; 33%	BZ: 4 - M
480 H - P:04		33,00%	S	2	2 - S; 33%	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 2 - S 33%, el grado de ampolladura es: 4 - M						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña			
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Instructor			

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
		MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
		TIPO DE ESTUDIO:		PRUEBA DE LABORATORIO			
		TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 2 de 2		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS							
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO						
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400						
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019		
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3		
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	Hempadur Mastic 45881; Hempthane Topcoat 55210	CODIFICACIÓN:	SL1 + SR2				
DATOS Y RESULTADOS							
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714	
		%	VISUAL	GRADO			
380 H - P:01		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento	
380 H - P:02		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento	
380 H - P:03		33,00%	S	2	2 - S; 33%	No se observa ampollamiento	
380 H - P:04		16,00%	S	3	3 - S; 16%	No se observa ampollamiento	
480 H - P:01		50,00%	S	1	1 - S; 50%	No se observa ampollamiento	
480 H - P:02		33,00%	S	2	2 - S; 33%	No se observa ampollamiento	
480 H - P:03		33,00%	S	2	2 - S; 33%	BZ: 4 - M	
480 H - P:04		33,00%	S	2	2 - S; 33%	No se observa ampollamiento	
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:							
El grado de corrosión final es: 2 - S 33%, el grado de ampolladura es: 4 - M							
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:			
Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Francisco Peña			
Position/Cargo:		Investigador		Instructor			

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.26.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A - 500: SL2+SR1







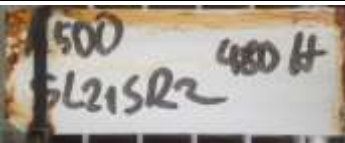



	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 2			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 5	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	CODIFICACIÓN:	SL2 + SR1			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
200 H - P:01		1,00%	S	6	6 - S; 1%	No se observa ampollamiento
200 H - P:02		3,00%	S	5	5 - S; 3%	No se observa ampollamiento
200 H - P:03		10,00%	G	4	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento
200 H - P:04		1,00%	G	6	6 - G; 1%	No se observa ampollamiento
280 H - P:01		1,00%	S	6	6 - S; 1%	No se observa ampollamiento
280 H - P:02		3,00%	S	5	5 - S; 3%	No se observa ampollamiento
280 H - P:03		3,00%	S	5	5 - S; 3%	No se observa ampollamiento
280 H - P:04		1,00%	S	6	6 - S; 1%	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:		Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Francisco Peña		
Position/Cargo:		Investigador		Instructor		

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 2 de 2			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 5	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	CODIFICACIÓN:	SL2 + SR1			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
380 H - P:01		1,00%	S	6	6 - S; 1%	No se observa ampollamiento
380 H - P:02		3,00%	S	5	5 - S; 3%	No se observa ampollamiento
380 H - P:03		1,00%	S	6	6 - S; 1%	No se observa ampollamiento
380 H - P:04		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		3,00%	S	5	5 - S; 3%	No se observa ampollamiento
480 H - P:02		1,00%	S	6	6 - S; 1%	No se observa ampollamiento
480 H - P:03		3,00%	S	5	5 - S; 3%	No se observa ampollamiento
480 H - P:04		1,00%	S	6	6 - S; 1%	BZ: 2 - F
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 5 - S 3%, el grado de ampolladura es: 2 - F						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña			
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Instructor			

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.27.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A - 500: SL2+SR2

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
	TIPO DE PRUEBA	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 2		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 5	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	Hempadur Mastic 45881; Hempthane Topcoat 55210	CODIFICACIÓN:	SL2 + SR2			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
200 H - P:01		10,00%	S	4	4 - S; 10%	BZ: 6 - F
200 H - P:02		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento
200 H - P:03		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento
200 H - P:04		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento
280 H - P:01		3,00%	S	5	5 - S; 3%	BZ: 6 - F
280 H - P:02		3,00%	S	5	5 - S; 3%	No se observa ampollamiento
280 H - P:03		1,00%	S	6	6 - S; 1%	No se observa ampollamiento
280 H - P:04		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña			
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Instructor			

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
	TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 2 de 2		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	S5PC SP - 5	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	Hempadur Mastic 45881; Hempthane Topcoat 55210	CODIFICACIÓN:	SL2 + SR2			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
380 H - P:01		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento
380 H - P:02		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento
380 H - P:03		16,00%	S	3	3 - S; 16%	No se observa ampollamiento
380 H - P:04		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		16,00%	S	3	3 - S; 16%	BZ: 4 - M
480 H - P:02		10,00%	S	4	4 - S; 10%	BZ: 4 - F
480 H - P:03		10,00%	S	4	4 - S; 10%	BZ: 4 - F
480 H - P:04		10,00%	S	4	4 - S; 10%	BZ: 4 - F
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 3 - S 10%, el grado de ampolladura es: 4 - F						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña			
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Instructor			

Fuente: Autor











Ficha Técnica 4.28.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A - 500: S/R







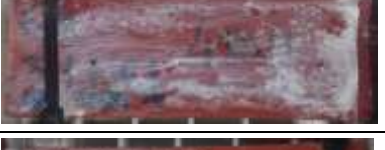



	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 2			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	S/N	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	SIN RECUBRIMIENTO		CODIFICACIÓN:	S/R		
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
200 H - P:01		100,00%	N/A	N/A	N/A	N/A
200 H - P:02		100,00%	N/A	N/A	N/A	N/A
200 H - P:03		100,00%	N/A	N/A	N/A	N/A
200 H - P:04		100,00%	N/A	N/A	N/A	N/A
280 H - P:01		100,00%	N/A	N/A	N/A	N/A
280 H - P:02		100,00%	N/A	N/A	N/A	N/A
280 H - P:03		100,00%	N/A	N/A	N/A	N/A
280 H - P:04		100,00%	N/A	N/A	N/A	N/A
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña			
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Tutor			

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 2 de 2			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	S/N	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	SIN RECUBRIMIENTO		CODIFICACIÓN:	S/R		
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
380 H - P:01		100,00%	N/A	N/A	N/A	N/A
380 H - P:02		50,00%	G	1	1 - G; 50%	N/A
380 H - P:03		100,00%	N/A	N/A	N/A	N/A
380 H - P:04		100,00%	N/A	N/A	N/A	N/A
480 H - P:01		100,00%	N/A	N/A	N/A	BZ: 2 - D
480 H - P:02		100,00%	N/A	N/A	N/A	BZ: 2 - D
480 H - P:03		100,00%	N/A	N/A	N/A	BZ: 2 - D
480 H - P:04		100,00%	N/A	N/A	N/A	BZ: 2 - D
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:						
La corrosión se da en un 100% en las probetas esta no tiene calificación de acuerdo a la norma, el grado de ampolladura es: 2 - D						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña			
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Instructor			

Fuente: Autor



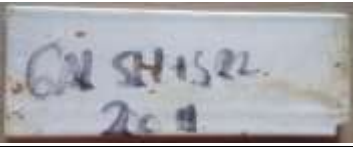


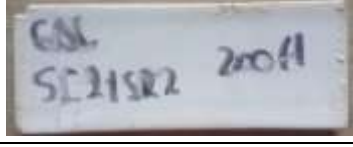
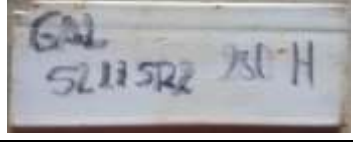



Ficha Técnica 4.29.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A-500 G: SL1+SR1



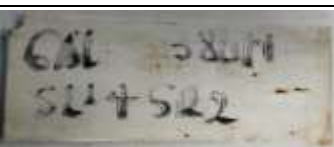


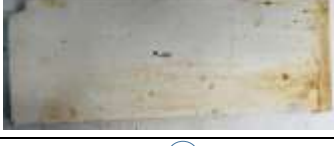
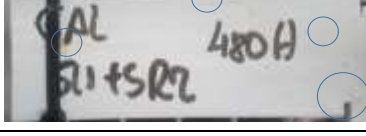



	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
	TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 2		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500 GAL	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	CODIFICACIÓN:	SL1 + SR1			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
200 H - P:01		1,00%	G	6	6 - G; 1%	No se observa ampollamiento
200 H - P:02		1,00%	G	6	6 - G; 1%	No se observa ampollamiento
200 H - P:03		1,00%	G	6	6 - G; 1%	BZ: 2 - F
200 H - P:04		1,00%	G	6	6 - G; 1%	BZ: 2 - F
280 H - P:01		3,00%	S	5	5 - S; 3%	BZ: 6 - M
280 H - P:02		3,00%	S	5	5 - S; 3%	BZ: 6 - M
280 H - P:03		1,00%	G	6	6 - G; 1%	BZ: 4 - M
280 H - P:04		1,00%	S	5	5 - S; 1%	BZ: 2 - MD
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:		Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Francisco Peña		
Position/Cargo:		Investigador		Instructor		

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
	TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 2 de 2		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500 GAL	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	CODIFICACIÓN:	SL1 + SR1			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
380 H - P:01		3,00%	S	5	5 - S; 3%	8 - F
380 H - P:02		3,00%	S	5	5 - S; 3%	6 - F
380 H - P:03		3,00%	S	5	5 - S; 3%	6 - F
380 H - P:04		10,00%	S	4	4 - S; 10%	4 - F
480 H - P:01		3,00%	S	5	5 - S; 3%	6 - M
480 H - P:02		3,00%	S	5	5 - S; 3%	6 - M
480 H - P:03		3,00%	S	5	5 - S; 3%	8 - MD
480 H - P:04		3,00%	S	5	5 - S; 3%	8 - MD
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 5 - S 3%, el grado de ampolladura es: 8 - MD						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:		Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Francisco Peña		
Position/Cargo:		Investigador		Instructor		

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.30.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A-500 G: SL1+SR2







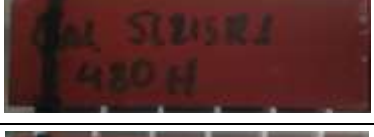


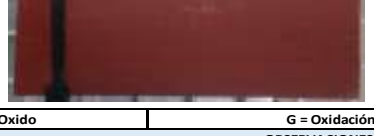
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
	TIPO DE PRUEBA	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 2		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500 GAL	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	Hempadur Mastic 45881; Hempthane Topcoat 55210	CODIFICACIÓN:	SL1 + SR2			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
200 H - P:01		3,00%	G	5	5 - G; 3%	No se observa ampollamiento
200 H - P:02		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	No se observa ampollamiento
200 H - P:03		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	No se observa ampollamiento
200 H - P:04		0,00%	0	0	No se observa características de corrosión	BZ: 2 - M
280 H - P:01		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	No se observa ampollamiento
280 H - P:02		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	BZ: 6 - F
280 H - P:03		1,00%	G	6	6 - G; 1%	BZ: 4 - F
280 H - P:04		10,00%	S	4	4 - S; 10%	BZ: 4 - M
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña			
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Instructor			

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
		MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
		TIPO DE ESTUDIO:		PRUEBA DE LABORATORIO			
		TIPO DE PRUEBA	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 2 de 2		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS							
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO						
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400						
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019		
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500 GAL	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3		
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	Hempadur Mastic 45881; Hempathane Topcoat 55210		CODIFICACIÓN:	SL1 + SR2			
DATOS Y RESULTADOS							
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714	
		%	VISUAL	GRADO			
380 H - P:01		3,00%	G	5	5 - G; 3%	No se observa ampollamiento	
380 H - P:02		3,00%	G	5	5 - G; 3%	No se observa ampollamiento	
380 H - P:03		3,00%	G	5	5 - G; 3%	No se observa ampollamiento	
380 H - P:04		10,00%	G	4	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento	
480 H - P:01		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	BZ: 2 - F	
480 H - P:02		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	BZ: 4 - F	
480 H - P:03		0,00%	0	0	No se observa características de corrosión	BZ: 4 - F	
480 H - P:04		1,00%	G	6	6 - G; 1%	No se observa ampollamiento	
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:							
El grado de corrosión final es: 4 - G AL 10%, Grado de ampolladura 4 - F							
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:			
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Francisco Peña		
Position/Cargo:	Investigador		Investigador		Instructor		

Fuente: Autor




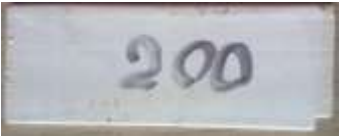


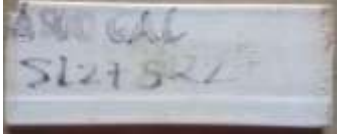



Ficha Técnica 4.31.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A-500 G: SL2+SR1

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 2			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500 GAL	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 5	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	CODIFICACIÓN:	SL2 + SR1			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	RESULTADO
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D - 610	ASTM D - 714
200 H - P:01		1,00%	G	6	6 - G; 1%	No se observa ampollamiento
200 H - P:02		3,00%	S	5	5 - S; 3%	BZ: 4 - M
200 H - P:03		1,00%	G	6	6 - G; 1%	No se observa ampollamiento
200 H - P:04		1,00%	G	6	6 - G; 1%	No se observa ampollamiento
280 H - P:01		0,00%	0	0	No se observa corrosión	BZ: 6 - M
280 H - P:02		0,00%	0	0	No se observa corrosión	BZ: 8 - M
280 H - P:03		0,00%	0	0	No se observa corrosión	BZ: 8 - M
280 H - P:04		0,00%	0	0	No se observa corrosión	BZ: 8 - M
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Francisco Peña		
Position/Cargo:	Investigador	Investigador		Instructor		







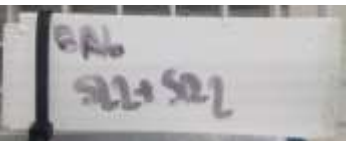



	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 2 de 2			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500 GAL	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 5	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	CODIFICACIÓN:	SL2 + SR1			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
380 H - P:01		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	No se observa ampollamiento
380 H - P:02		3,00%	S	5	5 - S; 3%	No se observa ampollamiento
380 H - P:03		1,00%	S	6	6 - S; 1%	No se observa ampollamiento
380 H - P:04		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		0,00%	0	0	No se observa corrosión	No se observa ampollamiento
480 H - P:02		0,00%	0	0	No se observa corrosión	No se observa ampollamiento
480 H - P:03		0,00%	0	0	No se observa corrosión	No se observa ampollamiento
480 H - P:04		0,00%	0	0	No se observa corrosión	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 0%, Grado de ampolladura:0						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:		Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Francisco Peña		
Position/Cargo:		Investigador		Instructor		

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.32.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A-500 G: SL2+SR2










	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 2			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTMA - 500 GAL	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 5	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	Hempadur Mastic 45881; Hempthane Topcoat 55210	CODIFICACIÓN:	SL2 + SR2			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
200 H - P:01		0,00%	0	0	No se observa corrosión	BZ: 4 - MD
200 H - P:02		0,00%	0	0	No se observa corrosión	BZ: 2 - F
200 H - P:03		0,00%	0	0	No se observa corrosión	BZ: 2 - F
200 H - P:04		1,00%	G	6	6 - G; 1%	BZ: 2 - F
280 H - P:01		1,00%	G	6	6 - G; 1%	BZ: 6 - M
280 H - P:02		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	No se observa ampollamiento
280 H - P:03		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	No se observa ampollamiento
280 H - P:04		0,00%	0	0	No se observa corrosión	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña			
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Instructor			


Fuente: Autor

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
		MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA				
		TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
		TIPO DE PRUEBA	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 2 de 2	
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500 GAL	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 5	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	Hempadur Mastic 45881; Hempthane Topcoat 55210	CODIFICACIÓN:	SL2 + SR2			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
380 H - P:01		10,00%	G	4	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento
380 H - P:02		10,00%	G	4	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento
380 H - P:03		10,00%	G	4	4 - G; 10%	BZ: 2 - F
380 H - P:04		10,00%	G	4	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		0,10%	S	8	8 - S; 0,1%	BZ: 2 - M
480 H - P:02		10,00%	S	4	4 - S; 10%	BZ: 4 - M
480 H - P:03		10,00%	S	4	4 - S; 10%	BZ: 4 - F
480 H - P:04		1,00%	G	6	6 - G; 1%	BZ: 4 - M
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 4 - S al 10%, Grado de ampolladura 4 - M						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Francisco Peña		
Position/Cargo:	Investigador	Investigador		Instructor		

Fuente: Autor










Ficha Técnica 4.33.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A-500 G: S/R

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 2			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500 GAL	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	S/N	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	SIN RECUBRIMIENTO		CODIFICACIÓN:	S/R		
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
200 H - P:01		16,00%	G	3	3 - G; 16%	No se observa ampollamiento
200 H - P:02		33,00%	G	2	2 - G; 33%	No se observa ampollamiento
200 H - P:03		16,00%	G	3	3 - G; 16%	No se observa ampollamiento
200 H - P:04		16,00%	G	3	3 - G; 16%	No se observa ampollamiento
280 H - P:01		10,00%	G	4	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento
280 H - P:02		33,00%	G	2	2 - G; 33%	No se observa ampollamiento
280 H - P:03		33,00%	G	2	2 - G; 33%	No se observa ampollamiento
280 H - P:04		16,00%	G	3	3 - G; 16%	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:						
Name/Nombre:		Register by /Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:		
		Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña		
Position/Cargo:		Investigador	Investigador	Tutor		

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
		MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
		TIPO DE ESTUDIO:		PRUEBA DE LABORATORIO			
TIPO DE PRUEBA:		INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01		Pag: 2 de 2		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS							
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO						
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400						
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019		
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500 GAL	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	S/N		
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	SIN RECUBRIMIENTO		CODIFICACIÓN:	S/R			
DATOS Y RESULTADOS							
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714	
		%	VISUAL	GRADO			
380 H - P:01		3,00%	S	5	5 - S; 3%	No se observa ampollamiento	
380 H - P:02		3,00%	S	5	5 - S; 3%	No se observa ampollamiento	
380 H - P:03		10,00%	G	4	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento	
380 H - P:04		1,00%	S	6	6 - S; 1%	No se observa ampollamiento	
480 H - P:01		50,00%	G	1	1 - G; 50%	No se observa ampollamiento	
480 H - P:02		16,00%	G	3	3 - G; 16%	No se observa ampollamiento	
480 H - P:03		50,00%	G	1	1 - G; 50%	No se observa ampollamiento	
480 H - P:04		16,00%	G	3	3 - G; 16%	No se observa ampollamiento	
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:							
El grado de corrosión final es: 1 - G al 50%, Grado de ampolladura: 0							
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:			
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Francisco Peña		
Position/Cargo:	Investigador		Investigador		Instructor		











Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.34.- Grado corrosión y ampolladura HSLA 1011 G: 50; SF+SR1

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
	TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 1		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	280 - 480 HORAS	MATERIAL:	HSLA 1011 GR - 50	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	CODIFICACIÓN:	SF + SR1			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
280 H - P:01		10,00%	S	4	4 - S; 10%	BZ: 2 - M
280 H - P:02		0,00%	0	0	No se observa características de corrosión	BZ: 4 - M
280 H - P:03		10,00%	S	4	4 - S; 10%	BZ: 6 - M
280 H - P:04		10,00%	S	4	4 - S; 10%	BZ: 6 - M
480 H - P:01		3,00%	G	5	5 - G; 3%	BZ: 6 - MD
480 H - P:02		3,00%	G	5	5 - G; 3%	BZ: 6 - MD
480 H - P:03		3,00%	G	5	5 - G; 3%	BZ: 4 - MD
480 H - P:04		3,00%	G	5	5 - G; 3%	BZ: 4 - MD
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 5 - G AL 3%, Grado de ampolladura 4 - MD						
Name/Nombre:	Register by / Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:			
	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña			
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Instructor			











Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.35.- Grado corrosión y ampolladura HSLA 1011 G: 50; SF+SR2

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 1			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	HSLA 1011 GR - 50	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	Hempadur Mastic 45881; Hempthane Topcoat 55210		CODIFICACIÓN:	SF + SR2		
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
280 H - P:01		0,10%	S	8	8 - S; 0,1%	No se observa ampollamiento
280 H - P:02		0,10%	S	8	8 - S; 0,1%	No se observa ampollamiento
280 H - P:03		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento
280 H - P:04		3,00%	G	5	5 - G; 3%	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		0,00%	0	0	No se observa características de corrosión	No se observa ampollamiento
480 H - P:02		0,00%	0	0	No se observa características de corrosión	BZ: 6 - F
480 H - P:03		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	BZ: 6 - F
480 H - P:04		0,00%	0	0	No se observa características de corrosión	BZ: 6 - F
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 7 - G AL 0,3%, Grado de ampolladura 6 - F						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Francisco Peña		
Position/Cargo: Investigador		Investigador		Instructor		






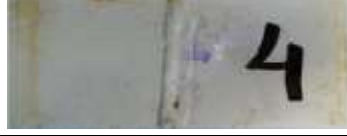




Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.36.- Grado corrosión y ampolladura HSLA 1011 G: 50 ST+SR1

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
	TIPO DE PRUEBA	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 1		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	HSLA 1011 GR - 50	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	CODIFICACIÓN:	ST + SR1			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	RESULTADO
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D - 610	ASTM D - 714
280 H - P:01		3,00%	G	5	5 - G; 3%	BZ: 8 - M
280 H - P:02		3,00%	G	5	5 - G; 3%	BZ: 8 - M
280 H - P:03		3,00%	G	5	5 - G; 3%	BZ: 8 - M
280 H - P:04		3,00%	G	5	5 - G; 3%	BZ: 8 - M
480 H - P:01		0,00%	0	0	No se observa características de corrosión	No se observa ampollamiento
480 H - P:02		0,00%	0	0	No se observa características de corrosión	BZ: 4 - M
480 H - P:03		0,00%	0	0	No se observa características de corrosión	No se observa ampollamiento
480 H - P:04		3,00%	S	5	5 - S; 3%	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 5 - S AL 10%, Grado de ampolladura 4 - M						
Name/Nombre:	Register by / Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:			
Position/Cargo:	Ing. Cristian Guilcaso Investigador	Ing. Cristian Guilcaso Investigador	Ing. Francisco Peña Instructor			

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.37.- Grado corrosión y ampolladura HSLA 1011 G: 50 ST+SR2

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
	TIPO DE PRUEBA	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 1		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	HSLA 1011 GR - 50	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	Hempadur Mastic 45881; Hempthane Topcoat 55210		CODIFICACIÓN:	ST + SR2		
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
280 H - P:01		16,00%	G	3	3 - G; 16%	No se observa ampollamiento
280 H - P:02		10,00%	G	3	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento
280 H - P:03		1,00%	G	6	6 - G; 1%	No se observa ampollamiento
280 H - P:04		3,00%	G	5	5 - G; 3%	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		0,00%	0	0	No se observa corrosión	No se observa ampollamiento
480 H - P:02		33,00%	G	2	2 - G; 33%	No se observa ampollamiento
480 H - P:03		16,00%	S	3	3 - S; 16%	No se observa ampollamiento
480 H - P:04		50,00%	G	1	1 - G; 50%	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 1 - G al 50%, Grado de ampolladura: 0						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña			
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Instructor			











Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.38.- Grado corrosión y ampolladura HSLA 1011 G: 50 SF+S/R

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 1			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	HSLA 1011 GR - 50	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	SIN RECUBRIMIENTO		CODIFICACIÓN:	SF + S/R		
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
280 H - P:01		0,00%	0	0	No se observa corrosión	No se observa ampollamiento
280 H - P:02		0,00%	0	0	No se observa corrosión	No se observa ampollamiento
280 H - P:03		0,00%	0	0	No se observa corrosión	No se observa ampollamiento
280 H - P:04		0,00%	0	0	No se observa corrosión	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		3,00%	G	5	5 - G; 3%	No se observa ampollamiento
480 H - P:02		3,00%	G	5	5 - G; 3%	No se observa ampollamiento
480 H - P:03		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento
480 H - P:04		3,00%	G	5	5 - G; 3%	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 4 - S al 10%, Grado de ampolladura: 0						
Name/Nombre:	Register by / Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:			
Position/Cargo:	Ing. Cristian Guilcasso Investigador	Ing. Cristian Guilcasso Investigador	Ing. Francisco Peña Tutor			











Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.39.- Grado corrosión y ampolladura HSLA 1011 G: 50 ST+S/R

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 1			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	HSLA 1011 GR - 50	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	SIN RECUBRIMIENTO		CODIFICACIÓN:	ST - S/R		
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
280 H - P:01		3,00%	G	5	5 - G; 3%	No se observa ampollamiento
280 H - P:02		10,00%	G	4	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento
280 H - P:03		3,00%	G	5	5 - G; 3%	No se observa ampollamiento
280 H - P:04		10,00%	G	4	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	No se observa ampollamiento
480 H - P:02		0,00%	0	0	No se observa características de corrosión	No se observa ampollamiento
480 H - P:03		3,00%	G	5	5 - G; 3%	No se observa ampollamiento
480 H - P:04		10,00%	G	4	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 4 - S al 10%, Grado de ampolladura: 0						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Francisco Peña		
Position/Cargo:		Investigador		Tutor		











Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.40.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A-500; SF+SR1

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
	TIPO DE PRUEBA	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 1		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	280 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	CODIFICACIÓN:	SF + SR1			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
280 H - P:01		10,00%	G	4	4 - G; 10%	BZ: 6 - MD
280 H - P:02		33,00%	G	2	2 - G; 33%	BZ: 6 - MD
280 H - P:03		10,00%	G	4	4 - G; 10%	BZ: 6 - MD
280 H - P:04		10,00%	G	4	4 - G; 10%	BZ: 6 - MD
480 H - P:01		33,00%	G	2	2 - G; 33%	No se observa ampollamiento
480 H - P:02		33,00%	G	2	2 - G; 33%	No se observa ampollamiento
480 H - P:03		33,00%	G	2	2 - G; 33%	No se observa ampollamiento
480 H - P:04		33,00%	G	2	2 - G; 33%	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 2 - G AL 33%, Grado de ampolladura: 0 A 480 horas y 6 - MD a 380 horas						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Francisco Peña		
Position/Cargo:		Investigador		Instructor		

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.41.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A-500; SF+SR2

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 1			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	Hempadur Mastic 45881; Hempthane Topcoat 55210		CODIFICACIÓN:	SF + SR2		
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
280 H - P:01		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento
280 H - P:02		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento
280 H - P:03		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento
280 H - P:04		10,00%	G	4	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		10,00%	S	4	4 - S; 10%	No se observa ampollamiento
480 H - P:02		3,00%	S	5	5 - S; 3%	No se observa ampollamiento
480 H - P:03		3,00%	S	5	5 - S; 3%	No se observa ampollamiento
480 H - P:04		10,00%	G	4	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 4 - S AL 10%, Grado de ampolladura: 0						
Name/Nombre:	Register by / Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:			
Position/Cargo:	Ing. Cristian Guilcaso Investigador	Ing. Cristian Guilcaso Investigador	Ing. Francisco Peña Instructor			











Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.42.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A-500; ST+SR1

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:		PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 1		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC		CODIFICACIÓN:	ST + SR1		
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
280 H - P:01		10,00%	G	4	4 - G; 10%	BZ: 6 - M
280 H - P:02		16,00%	G	3	3 - G; 16%	BZ: 8 - M
280 H - P:03		10,00%	G	4	4 - G; 10%	BZ: 8 - MD
280 H - P:04		16,00%	G	3	3 - G; 16%	BZ: 8 - MD
480 H - P:01		10,00%	G	4	4 - G; 10%	BZ: 6 - MD
480 H - P:02		33,00%	G	2	2 - G; 33%	BZ: 4 - D
480 H - P:03		16,00%	G	3	3 - G; 16%	BZ: 4 - D
480 H - P:04		10,00%	G	4	4 - G; 10%	BZ: 4 - MD
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 2 - G al 33%. Grado de ampolladura: 4 - D						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Francisco Peña		
Position/Cargo:		Investigador		Instructor		

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.43.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A-500; ST+SR2

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 1			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	Hempadur Mastic 45881; Hempthane Topcoat 55210		CODIFICACIÓN:	ST + SR2		
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
280 H - P:01		16,00%	G	3	3 - G; 16%	No se observa ampollamiento
280 H - P:02		16,00%	G	3	3 - G; 16%	No se observa ampollamiento
280 H - P:03		10,00%	G	4	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento
280 H - P:04		16,00%	G	3	3 - G; 16%	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		33,00%	G	2	2 - G; 33%	No se observa ampollamiento
480 H - P:02		16,00%	G	3	3 - G; 16%	No se observa ampollamiento
480 H - P:03		16,00%	G	3	3 - G; 16%	No se observa ampollamiento
480 H - P:04		33,00%	G	2	2 - G; 33%	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 2 - G al 33%, Grado de ampolladura: 0						
Name/Nombre:	Register by / Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:			
	Ing. Cristian Guilcaso Investigador	Ing. Cristian Guilcaso Investigador	Ing. Francisco Peña Instructor			

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.44.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A-500; SF+S/R

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO: PRUEBA DE LABORATORIO					
	TIPO DE PRUEBA	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 1		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	SIN RECUBRIMIENTO		CODIFICACIÓN:	SF + S/R		
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
280 H - P:01		50,00%	G	1	1 - G; 50%	No se observa ampollamiento
280 H - P:02		50,00%	G	1	1 - G; 50%	No se observa ampollamiento
280 H - P:03		50,00%	G	1	1 - G; 50%	No se observa ampollamiento
280 H - P:04		50,00%	G	1	1 - G; 50%	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		50,00%	G	1	1 - G; 50%	BZ: 2 - D
480 H - P:02		50,00%	G	1	1 - G; 50%	BZ: 2 - D
480 H - P:03		50,00%	G	1	1 - G; 50%	BZ: 2 - MD
480 H - P:04		50,00%	G	1	1 - G; 50%	BZ: 4 - MD
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 1 - G al 50%, Grado de ampolladura: 2 - D						
Name/Nombre:	Register by / Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:			
Position/Cargo:	Ing. Cristian Guilcaso Investigador	Ing. Cristian Guilcaso Investigador	Ing. Francisco Peña Tutor			











Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.45.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A-500; ST+S/R

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 1			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	SIN RECUBRIMIENTO		CODIFICACIÓN:	ST - S/R		
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
280 H - P:01		100,00%	N/A	N/A	N/A	No se observa ampollamiento
280 H - P:02		100,00%	N/A	N/A	N/A	No se observa ampollamiento
280 H - P:03		100,00%	N/A	N/A	N/A	No se observa ampollamiento
280 H - P:04		100,00%	N/A	N/A	N/A	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		100,00%	N/A	N/A	N/A	No se observa ampollamiento
480 H - P:02		100,00%	N/A	N/A	N/A	No se observa ampollamiento
480 H - P:03		100,00%	N/A	N/A	N/A	No se observa ampollamiento
480 H - P:04		100,00%	N/A	N/A	N/A	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 100% Grado de ampolladura: 0						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:		Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Francisco Peña		
Position/Cargo:		Investigador		Tutor		


Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.46.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A-500 Gal; SF-SR1

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
	TIPO DE PRUEBA	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 1		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	280 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500 GAL	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	CODIFICACIÓN:	SF + SR1			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
280 H - P:01		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	No se observa ampollamiento
280 H - P:02		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	No se observa ampollamiento
280 H - P:03		1,00%	G	6	6 - G; 1%	No se observa ampollamiento
280 H - P:04		3,00%	G	5	5 - G; 3%	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		0,00%	0	0	No se observa características de corrosión	BZ: 6 - MD
480 H - P:02		0,00%	0	0	No se observa características de corrosión	BZ: 6 - MD
480 H - P:03		0,00%	0	0	No se observa características de corrosión	BZ: 6 - MD
480 H - P:04		0,00%	0	0	No se observa características de corrosión	BZ: 6 - MD
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General		P= Oxidación Precisa		
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 5 - G al 3%, Grado de ampolladura: 6 - MD						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Name/Nombre:	Ing. Francisco Peña	
Position/Cargo:	Investigador	Position/Cargo:	Investigador	Position/Cargo:	Instructor	



Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.47.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A-500 Gal; SF-SR2


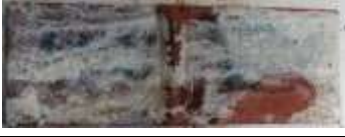






	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 1			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500 GAL	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	Hempadur Mastic 45881; Hempthane Topcoat 55210		CODIFICACIÓN:	SF + SR2		
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
280 H - P:01		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	No se observa ampollamiento
280 H - P:02		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	BZ: 4 - F
280 H - P:03		1,00%	G	6	6 - G; 1%	BZ: 4 - F
280 H - P:04		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	BZ: 4 - F
480 H - P:01		3,00%	G	5	5 - G; 3%	No se observa ampollamiento
480 H - P:02		10,00%	G	4	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento
480 H - P:03		3,00%	G	5	5 - G; 3%	No se observa ampollamiento
480 H - P:04		16,00%	G	3	3 - G; 16%	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 3 - G al 16%, Grado de ampolladura: 0						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:		Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Francisco Peña		
Position/Cargo:		Investigador		Instructor		

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.48.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A-500 Gal; ST-SR1

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 1		









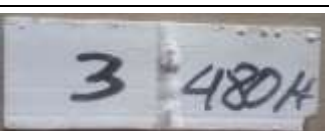
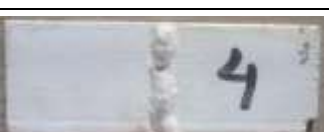
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500 GAL	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	CODIFICACIÓN:	ST + SR1			

DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
280 H - P:01		3,00%	G	5	5 - G; 3%	BZ: 4 - M
280 H - P:02		10,00%	G	4	4 - G; 10%	BZ: 6 - MD
280 H - P:03		3,00%	G	5	5 - G; 3%	BZ: 4 - MD
280 H - P:04		10,00%	G	4	4 - G; 10%	BZ: 4 - D
480 H - P:01		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	BZ: 6 - MD
480 H - P:02		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	BZ: 6 - MD
480 H - P:03		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	BZ: 6 - MD
480 H - P:04		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	BZ: 4 - D

S = Manchas de Oxido	G = Oxidación General	P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:			
El grado de corrosión final es: 7 - G al 0,3%, Grado de ampolladura: 6 - MD			
Name/Nombre:	Register by / Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:
	Ing. Cristian Guilcaso Investigador	Ing. Cristian Guilcaso Investigador	Ing. Francisco Peña Instructor

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.49.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A-500 Gal; ST-SR2

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO				
TIPO DE PRUEBA	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 1			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500 GAL	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	Hempadur Mastic 45881; Hempthane Topcoat 55210	CODIFICACIÓN:	ST + SR2			
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
280 H - P:01		16,00%	G	3	3 - G; 16%	No se observa ampollamiento
280 H - P:02		10,00%	G	4	4 - G; 16%	No se observa ampollamiento
280 H - P:03		10,00%	G	4	4 - G; 16%	No se observa ampollamiento
280 H - P:04		10,00%	G	4	4 - G; 16%	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	BZ: 2 - F
480 H - P:02		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	BZ: 2 - F
480 H - P:03		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	BZ: 2 - F
480 H - P:04		0,30%	G	7	7 - G; 0,3%	BZ: 4 - M
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 7 - G al 0,3%, Grado de ampolladura: 2 - F						
Name/Nombre:	Register by / Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:			
Position/Cargo:	Ing. Cristian Guilcaso Investigador	Ing. Cristian Guilcaso Investigador	Ing. Francisco Peña Instructor			



Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.50.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A-500 Gal; SF-S/R









	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA					
	TIPO DE ESTUDIO:		PRUEBA DE LABORATORIO			
	TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 1		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500 GAL	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	SIN RECUBRIMIENTO		CODIFICACIÓN:	SF + S/R		
DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
280 H - P:01		50,00%	G	1	1 - G; 50%	No se observa ampollamiento
280 H - P:02		16,00%	G	3	3 - G; 16%	No se observa ampollamiento
280 H - P:03		33,00%	G	2	2 - G; 33%	No se observa ampollamiento
280 H - P:04		16,00%	G	3	3 - G; 16%	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		10,00%	G	4	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento
480 H - P:02		10,00%	G	4	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento
480 H - P:03		10,00%	G	4	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento
480 H - P:04		10,00%	G	4	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento
S = Manchas de Oxido		G = Oxidación General			P= Oxidación Precisa	
OBSERVACIONES:						
El grado de corrosión final es: 4 - G al 10%, Grado de ampolladura: 0						
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Francisco Peña		
Position/Cargo:		Investigador		Tutor		

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4.51.- Grado corrosión y ampolladura ASTM A-500 Gal; ST-S/R

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO CORTE: TERCERA				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
TIPO DE PRUEBA:	INSPECCIÓN VISUAL	Revisión: 01	Pag: 1 de 1		

FICHA DE RECOLECCIÓN DE RESULTADOS						
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO					
ENSAYO:	CORROSIÓN ACCELERADA EN CÁMARA DE NIEBLA SALINA SC 400					
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM D - 610 ASTM D - 714	TIPO DE ENSAYO:	CUALITATIVO	FECHA:	18/09/2019	
PROBETA PERÍODO DE TIEMPO:	200 - 480 HORAS	MATERIAL:	ASTM A - 500 GAL	LIMPIEZA SUPERFICIAL 1:	SSPC SP - 3	
RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL:	SIN RECUBRIMIENTO		CODIFICACIÓN:	ST - S/R		

DATOS Y RESULTADOS						
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO ASTM D - 610	RESULTADO ASTM D - 714
		%	VISUAL	GRADO		
280 H - P:01		16,00%	G	3	3 - G; 16%	No se observa ampollamiento
280 H - P:02		3,00%	G	5	5 - G; 3%	No se observa ampollamiento
280 H - P:03		3,00%	G	5	5 - G; 3%	No se observa ampollamiento
280 H - P:04		10,00%	G	4	4 - G; 10%	No se observa ampollamiento
480 H - P:01		33,00%	G	2	2 - G; 33%	No se observa ampollamiento
480 H - P:02		50,00%	G	1	1 - G; 50%	No se observa ampollamiento
480 H - P:03		33,00%	G	2	2 - G; 33%	No se observa ampollamiento
480 H - P:04		33,00%	G	2	2 - G; 33%	No se observa ampollamiento

S = Manchas de Oxido	G = Oxidación General	P= Oxidación Precisa
----------------------	-----------------------	----------------------

OBSERVACIONES:		
El grado de corrosión final es: 2 - G al 33%, Grado de ampolladura: 0		
Name/Nombre:	Register by / Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:
Position/Cargo:	Ing. Cristian Guilcaso Investigador	Ing. Cristian Guilcaso Investigador
		Approved by / Aprobado por:
		Ing. Francisco Peña Tutor

Fuente: Autor

4.5.- Análisis de morfología superficial de la herrumbre

Como es de conocimiento la herrumbre son los productos de la corrosión del hierro en la que comprenden óxidos, óxidos hidratados, oxihidróxidos y diversas sustancias cristalinas y amorfas que son el resultado de la reacción entre el hierro y el medio atmosférico.

Para este caso se analiza las capas de herrumbre que se han formado durante el ensayo de niebla salina realizado a las probetas y que han sido las más críticas en donde se pueda identificar los diferentes tipos de productos típicos de corrosión que suelen formarse en el acero, como por ejemplo: Lepidocrita, goetita y akaganeita.

En la Tabla 4.13 se observan las probetas seleccionadas para el análisis SEM debido a la presencia de mayor capa de herrumbre formada en el ensayo:

Tabla 4.13.- Probetas analizadas en SEM

Item	Número	Material	Recubrimiento	Limpieza	Horas Ensayo
1	4	HSLA 1011 Gr - 50	Anticorrosivo	SP3	480
2	3	ASTM A - 500	S/R	SP3	480
3	2	ASTM A - 500	S/R	SP3	380
4	2 Filete	HSLA 1011 Gr - 50	S/R	SP3	480
5	4 Filete	HSLA 1011 Gr - 50	S/R	SP3	480
6	4 Filete	HSLA 1011 Gr - 50	Anticorrosivo	SP3	480
7	4 Filete	ASTM A - 500	S/R	SP3	480
8	2 Plana	HSLA 1011 Gr - 50	S/R	SP3	280
9	4 Plana	HSLA 1011 Gr - 50	S/R	SP3	480
10	4 Plana	ASTM A - 500	Anticorrosivo	SP3	480

Fuente: Autor

La morfología superficial de la herrumbre varía considerablemente de una a otro tipo de atmósferas a las cuales se encuentran expuestas. Las estructuras típicas de herrumbre que se han encontrado en la superficie de los aceros de las probetas ensayadas se presentan en las siguientes figuras:

En la Figura 4.60 se presenta la estructura típica que se obtuvo de la probeta (4) del acero HSLA 1011 Gr 50 con SL1 + SR1 para 480 horas de ensayo y se puede observar la presencia de una capa de Hidróxido denominado Goetita Cristalina, que tiene forma de estructuras acirculares.

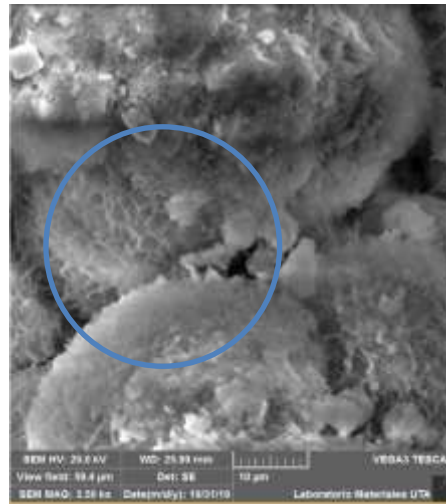


Fig. 4.60.- Análisis SEM: Estructura típica de Goetita Cristalina.

Fuente: Autor

En la Figura 4.61 se presenta la estructura típica que se obtuvo de la probeta (3) del acero ASTM A – 500 sin recubrimiento superficial expuesto a 480 horas de ensayo y se puede observar la presencia de una capa con dos fases de productos de corrosión denominado Goetita Semi-cristalina con forma de bolas de algodón + Lepidocrocita que tiene láminas finas en forma de estructuras floreadas.

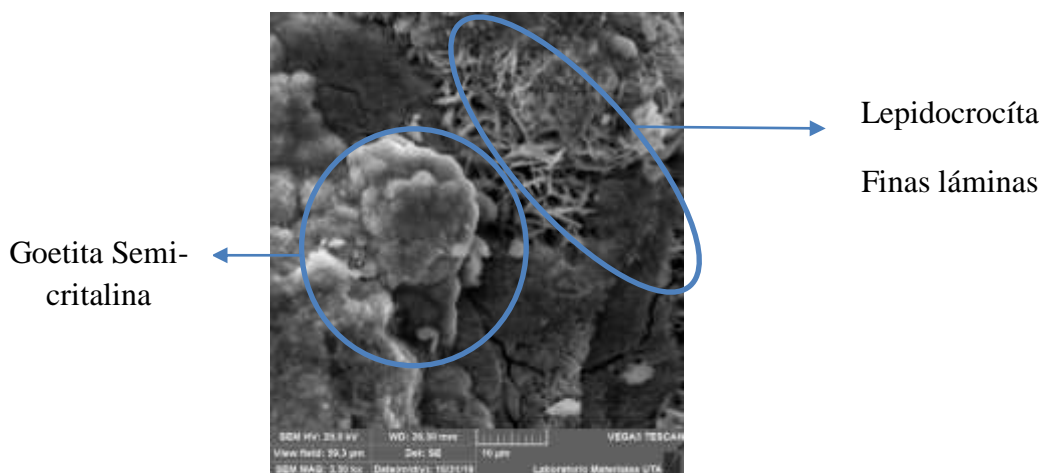


Fig. 4.61.- Análisis SEM: Estructura típica de Goetita Semi-cristalina + Lepidocrocita en finas láminas.

Fuente: Autor

En la Figura 4.62 se presenta la estructura típica que se obtuvo de la probeta (2) del acero ASTM A – 500 sin recubrimiento superficial expuesto a 380 horas de ensayo y se puede observar la presencia de una capa con una fase de producto de corrosión denominado Lepidocrocita que tiene una estructura de pequeños glóbulos cristalinos en forma de cristales arenosos.

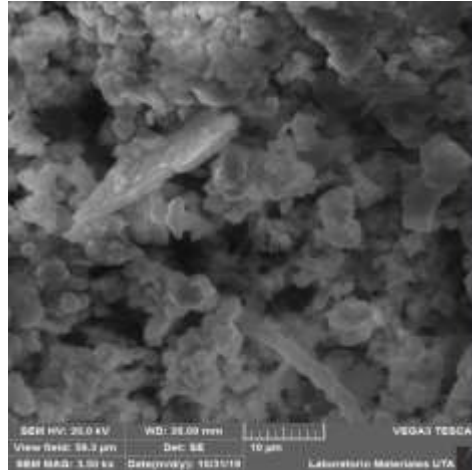


Fig. 4.62.- Análisis SEM: Estructura típica de Lepidocrocita en glóbulos cristalinos.

Fuente: Autor

En la Figura 4.63 se presenta la estructura típica que se obtuvo de la probeta (2) soldada a filete del acero HSLA 1011 Gr-50 sin recubrimiento superficial expuesto a 480 horas de ensayo y se puede observar la presencia de una capa con fase de producto de corrosión denominado Akaganeita con formaciones tipo cristales con forma cilíndrica.

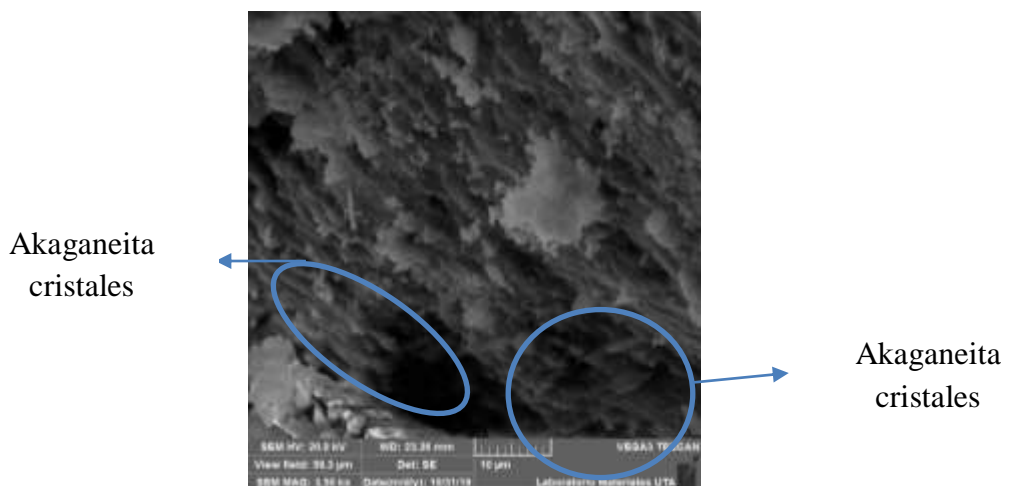


Fig. 4.63.- Análisis SEM: Estructura típica de Akaganeita cristales tubulares.

Fuente: Autor

En la Figura 4.63 se presenta la estructura típica que se obtuvo de la probeta (4) soldada a filete del acero HSLA 1011 Gr-50 sin recubrimiento superficial expuesto a 480 horas de ensayo y se puede observar la presencia de una capa con fase de producto de corrosión denominado Goetita Semi-cristalina con forma de bolas de algodón.

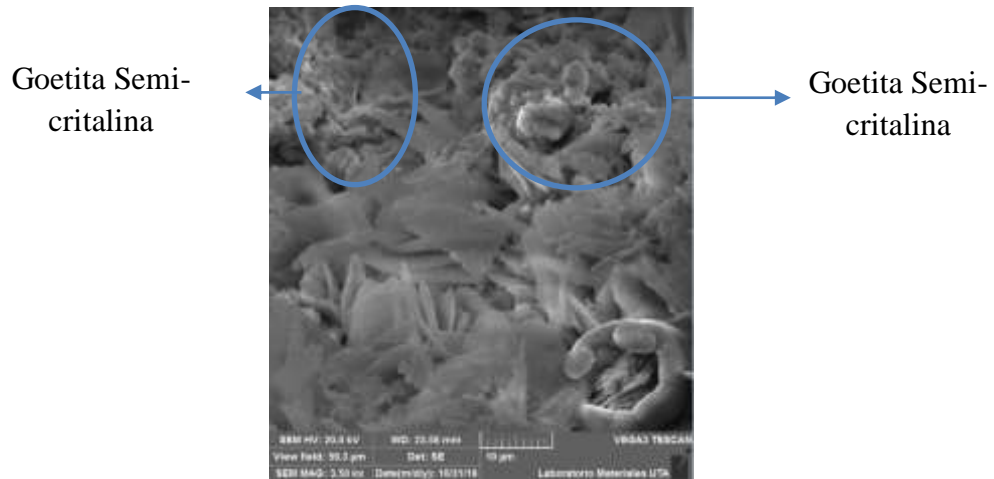


Fig. 4.64.- Análisis SEM: Estructura típica de Goetita Semi-cristalina.

Fuente: Autor

En la Figura 4.64 se presenta la estructura típica que se obtuvo de la probeta (4) soldada a filete del acero HSLA 1011 Gr-50 con el recubrimiento superficial Anticorrosivo con sistema de limpieza SP3: SF + SR1 expuesto a 480 horas de ensayo y se puede observar la presencia de una capa con fase de producto de corrosión denominado Lepidocrocita que tiene láminas finas en forma de estructuras floreadas.

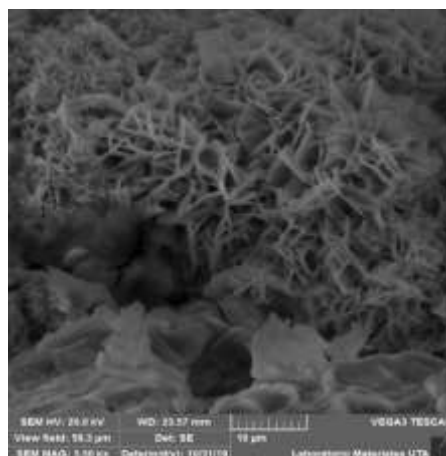


Fig. 4.65.- Análisis SEM: Estructura típica de Lepidocrocita en finas láminas.

Fuente: Autor

En la figura 4.65 se presenta la estructura típica que se obtuvo de la probeta (4) soldada a filete del acero ASTM A-500 sin recubrimiento superficial, expuesto a 480 horas de ensayo y se puede observar la presencia de una capa completa con fase de producto de corrosión denominado Goetita Semi-cristalina con forma de bolas de algodón.

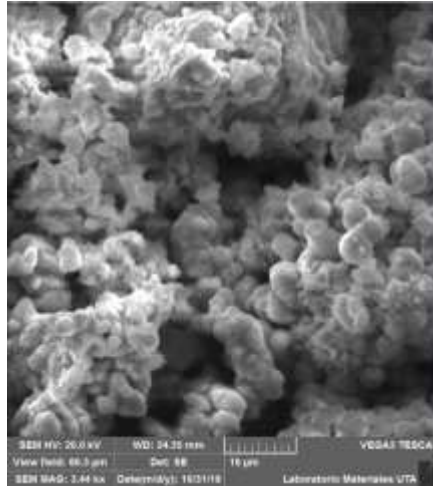


Fig. 4.66.- Análisis SEM: Estructura típica de Goetita Semi-cristalina.

Fuente: Autor

En la Figura 4.66 se presenta la estructura típica que se obtuvo de la probeta (2) soldada a tope del acero HSLA 1011 Gr-50 sin recubrimiento superficial con sistema de limpieza SP3: ST + S/R expuesto a 280 horas de ensayo y se puede observar la presencia de una capa con fase de producto de corrosión denominado Lepidocrocita que tiene láminas finas en forma de estructuras floreadas.

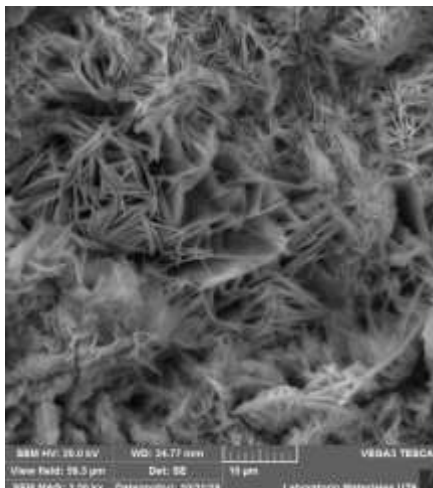


Fig. 4.67.- Análisis SEM: Estructura típica de Lepidocrocita en finas láminas.

Fuente: Autor

En la Figura 4.67 se presenta la estructura típica que se obtuvo de la probeta (4) soldada a tope del acero HSLA 1011 Gr - 50 sin recubrimiento superficial, expuesto a 480 horas de ensayo y se puede observar la presencia de una capa en formación de la fase de producto de corrosión denominado Goetita Semi-cristalina con forma de bolas de algodón.

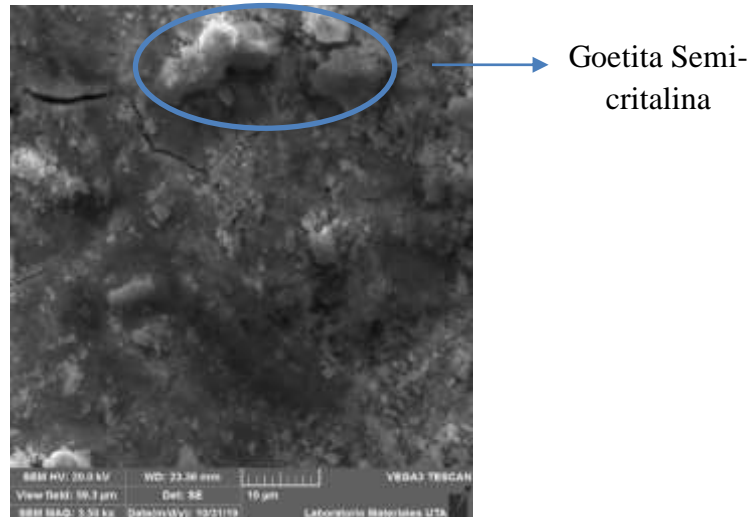


Fig. 4.68.- Análisis SEM: Estructura típica de Goetita Semi-cristalina.

Fuente: Autor

En la Figura 4.68 se presenta la estructura típica que se obtuvo de la probeta (4) soldada a tope del acero ASTM A-500 con recubrimiento superficial anticorrosivo, con sistema de limpieza SP3: ST + SR1, expuesto a 480 horas de ensayo y se puede observar la presencia de una capa completa con fase de producto de corrosión denominado Goetita Semi-cristalina con forma de bolas de algodón.

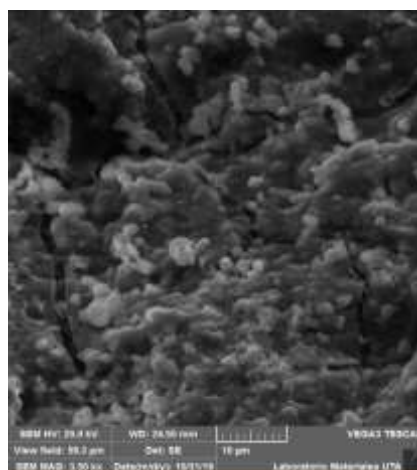

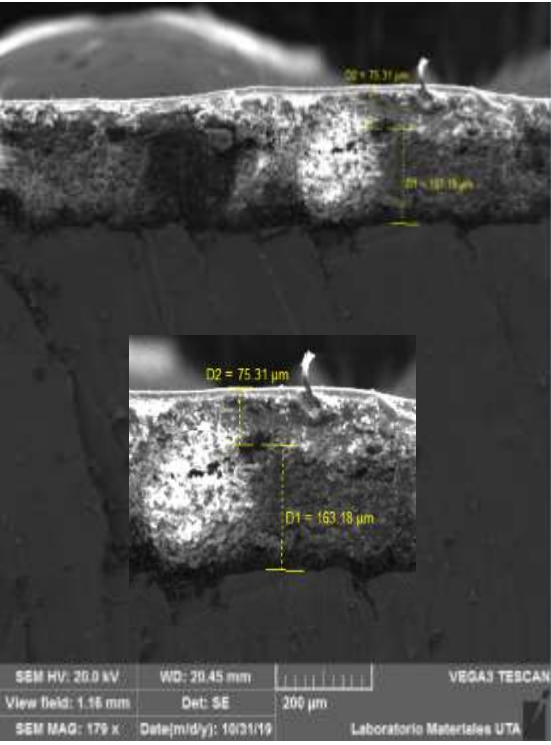
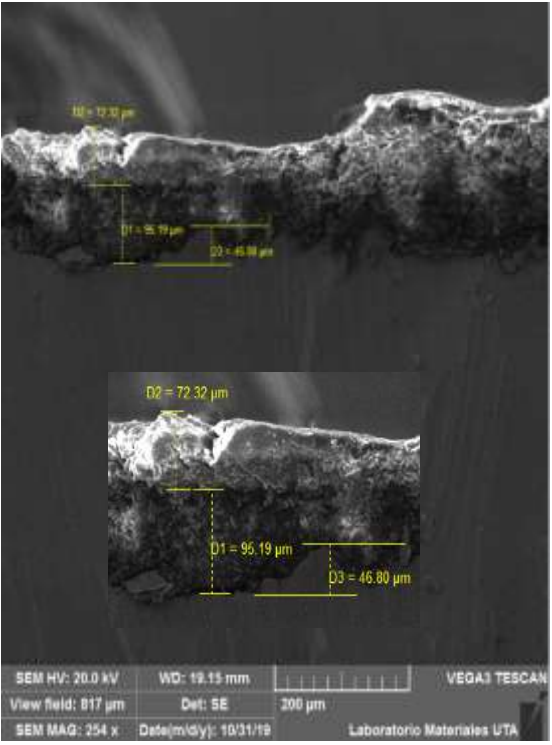


Fig. 4.69.- Análisis SEM: Estructura típica de Goetita Semi-cristalina.

Fuente: Autor

Mediante el uso del Microscopio electrónico de barrido se realizó una verificación de los espesores de las capas de los recubrimientos aplicados y los perfiles de anclaje de las probetas ensayadas y a continuación se muestra en la Tabla 4.14 unos misceláneos de los resultados encontrados.

Tabla 4.14.- Probetas analizadas en SEM espesores y perfil de anclaje

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017		MEDICIONES DE CAMPO	
		TIPO DE ESTUDIO:		CUANTITATIVA / CUALITATIVA		Revisión: 01		Pag: 1 de 2	
		TIPO DE PRUEBA:							
MEDICIÓN DE ESPESORES EN SECO MEDIANTE SEM									
SISTEMAS DE LIMPIEZA									
Sistema de limpieza 1: SSPC SP 3 Limpieza mecánica					Sistema de limpieza 2: SSPC SP 5 Limpieza mediante chorro abrasivo				
APLICACIÓN DE PINTURA									
RECUBRIMIENTO	PINTURA	TIPO DE PINTURA	ENVASE	THINER	ESPESOR PREAPLICADO	MEDICIONES		METODO DE APLICACIÓN	OBSERVACIONES
						HUMEDO	SECO		
SR1	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	Resina y pigmentos	414 rojo óxido	Corriente	0,00		38 um	Soplete	OK
SR2: CAPA 1	Hempadur Mastic 45881	EPÓXICA	base 45889; curing agent 95881	8450	0,00		125 micras	airless	OK
SR2: CAPA 2	Hempathane Topcoat 55210	Poliuretano	base 55219, curing agent 95370	08080 5%	125 micras		50 micras	airless	OK
REGISTROS FOTOGRÁFICOS									
									
SEM HV: 20.0 kV WD: 20.45 mm VEGA3 TESCAN View field: 1.16 mm Det: SE 200 µm SEM MAG: 179 x Date(m/d/y): 10/31/19 Laboratorio Materiales UTA					SEM HV: 20.0 kV WD: 19.15 mm VEGA3 TESCAN View field: 817 µm Det: SE 200 µm SEM MAG: 254 x Date(m/d/y): 10/31/19 Laboratorio Materiales UTA				
					Perfil de anclaje: 1,84 mills				
Probeta (1) HSLA 1011 Gr-50 SL2+SR2; 480 horas: Capa1: 6,42 mills, Capa2: 2,96 mills									
Probeta (2) HSLA 1011 Gr-50 SL2+SR2; 480 horas: Capa1: 3,9 mills, Capa2: 2,84 mills									
OBSERVACIONES									
Cumplen con los espesores mayores a los recomendados en las especificaciones técnicas de los recubrimientos utilizados para el ensayo									



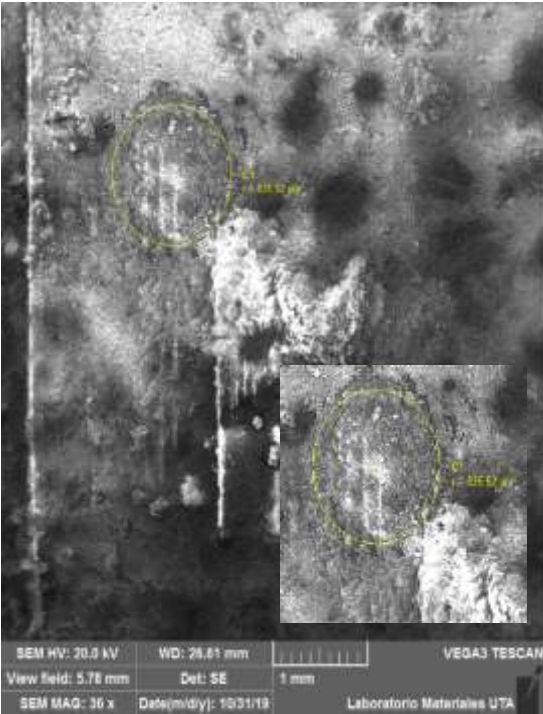


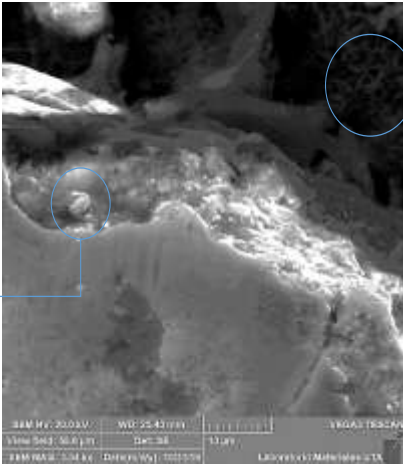

Fuente: Autor

Tabla 4.14.- Probetas analizadas en SEM espesores y perfil de anclaje, continuación

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017		TIPO DE ESTUDIO: MEDICIONES DE CAMPO	
TIPO DE PRUEBA		CUANTITATIVA / CUALITATIVA		Revisión: 01		Pag: 1 de 1			
MEDICIÓN DE ESPESORES EN SECO MEDIANTE SEM									
SISTEMAS DE LIMPIEZA									
Sistema de limpieza 1: SSPC SP 3 Limpieza mecánica					Sistema de limpieza 2: SSPC SP 5 Limpieza mediante chorro abrasivo				
APLICACIÓN DE PINTURA									
RECUBRIMIENTO	PINTURA	TIPO DE PINTURA	ENVASE	THINER	ESPESOR PREAPLICADO	MEDICIONES		METODO DE APLICACIÓN	OBSERVACIONES
						HUMEDO	SECO		
SR1	ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC	Resina y pigmentos	414 rojo óxido	Corriente	0,00		38 um	Soplete	OK
SR2: CAPA 1	Hempadur Mastic 45881	EPÓXICA	base 45889; curing agent 95881	8450	0,00		125 micras	airless	OK
SR2: CAPA 2	Hempathane Topcoat 55210	Poliuretano	base 55219, curing agent 95370	08080 5%.	125 micras		50 micras	airless	OK
REGISTROS FOTOGRÁFICOS									
<p>SEM HV: 20.0 kV WD: 22.29 mm VEGA3 TESCAN View field: 467 µm Det: SE 100 µm SEM MAG: 444 x Date(m/d/y): 10/31/19 Laboratorio Materiales UTA</p>					<p>SEM HV: 20.0 kV WD: 22.29 mm VEGA3 TESCAN View field: 1.11 mm Det: SE 200 µm SEM MAG: 186 x Date(m/d/y): 10/31/19 Laboratorio Materiales UTA</p>				
Perfil de anclaje: 2,32 mills									
Probeta (1) HSLA 1011 Gr-50 SL2+SR1; 480 horas: Capa1: 4,6 mills					Probeta (2) HSLA 1011 Gr-50 SL2+SR1; 480 horas: Capa1: 3,14 mills				
OBSERVACIONES									
Cumplen con los espesores mayores a los recomendados en las especificaciones técnicas de los recubrimientos utilizados para el ensayo									

Fuente: Autor

Tabla 4.15.- Probetas analizadas en SEM defectos corrosión y ampolladura

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017			
	TIPO DE ESTUDIO:	MEDICIONES DE CAMPO		
	TIPO DE PRUEBA	CUANTITATIVA / CUALITATIVA	Revisión: 01	
CORROSIÓN Y AMPOLLADURAS REVISADA MEDIANTE SEM				
SISTEMAS DE LIMPIEZA				
Sistema de limpieza 1: SSPC SP 3 Limpieza mecánica		Sistema de limpieza 2: SSPC SP 5 Limpieza mediante chorro abrasivo		
REGISTROS FOTOGRÁFICOS				
 <p>SEM HV: 20.0 kV WD: 26.61 mm VEGA3 TESCAN View field: 5.78 mm Det: SE 1 mm SEM MAG: 36 x Date(m/d/y): 10/31/19 Laboratorio Materiales UTA</p>		 <p>SEM HV: 20.0 kV WD: 26.61 mm VEGA3 TESCAN View field: 5.78 mm Det: SE 1 mm SEM MAG: 36 x Date(m/d/y): 10/31/19 Laboratorio Materiales UTA</p>		
R = 25,02 mills		Rprom = 10,49 mills		
Probeta (2) HSLA 1011 Gr-50 SL2+SR2; 480 horas. Defecto: Ampolladura BZ: 4-M		Probeta (2) HSLA 1011 Gr-50 SL2+SR2; 480 horas. Defecto: Ampolladura BZ: 4-M		
				
Goetita Semi-cristalina			Lepidocrocita en finas láminas.	
Probeta (1) HSLA 1011 Gr-50 SL2+SR2; 480 horas. Punto de corrosión				

Fuente: Autor

CAPÍTULO V

5.1.- Conclusiones y recomendaciones

5.1.1.- Conclusiones

- La tasa de corrosión más elevada que se encontró al final del ensayo y del análisis estadístico alcanza el valor de 0,2119 mm/año que es el resultado promedio de las probetas, cuyo material es el acero ASTM A-500 preparadas con una limpieza superficial SP3 (Limpieza mecánica manual) y a las que se les ha aplicado el recubrimiento Anticorrosivo Stop Mate Cromato de Zinc, resultado encontrado al final del ensayo de 480 horas. Esto quiere decir que en el caso de no proporcionar una buena limpieza superficial no se va a tener una adecuada adherencia del recubrimiento al metal base, este tenderá a degradarse sin cumplir con el objetivo para el cual está diseñado, causando daños del recubrimiento y al acero perdiendo las propiedades mecánicas y físicas del material, mientras que para el Acero HSLA 1011 Gr-50 el valor de tasa de corrosión más elevada es de 0,0149 mm/año y para el acero ASTM A – 500 galvanizado es de 0,0854 mm/año para las 480 horas de ensayo.

- La mínima tasa de corrosión de los tres tipos de acero analizados tiene un valor de 0,0014 mm/año y se presenta en el acero HSLA 1011 Gr-50, cuya limpieza realizada es mediante chorro abrasivo “SL2” y se le ha aplicado un sistema de recubrimiento SR1: Anticorrosivo.

- El acero HSLA 1011 Gr - 50 con un SL1: SP-3 + SR1: anticorrosivo para 480 horas, sin duda alguna es el que mayor resistencia alcanza con respecto a tasa de corrosión, esto se evidencia debido a que su valor máximo encontrado es de 0,0149 mm/año, que es el valor inferior a los aceros analizados ASTM A-500 y ASTM A-500 galvanizado, por lo tanto tendría un efecto positivo al aplicarlo en las construcciones metalmecánicas, en donde se busca minimizar efectos excesivos de tasa de corrosión por los ambientes extremos en donde pueden ser aplicados.

- De acuerdo a los análisis estadísticos realizados se puede mencionar que en general el recubrimiento que más se afecta durante las horas de exposición en la

cámara de niebla salina es el anticorrosivo Stop Mate Cromato de Zinc, pudiendo ser una de sus principales causas la fina película de pintura que se aplica en la superficie de la probeta o la inexistencia de un adecuado perfil de anclaje que permita obtener una buena adherencia entre el sustrato y el recubrimiento.

- Una de las principales causas para el fallo del sistema anticorrosivo es la falta de adherencia que sufre al momento de aplicar la película de recubrimiento ya que se observa que cuando se realiza un sistema de limpieza mediante chorro abrasivo se genera una mayor adherencia entre el sustrato y el recubrimiento obteniendo tasas de corrosión menores para comparar se tiene que para el recubrimiento anticorrosivo y el acero HSLA 1011 Gr-50: 0,0014 mm/año, para el acero ASTM A-500: 0,0047 mm/año y para el acero ASTM A-500 galvanizado 0,0282 mm/año. Para el recubrimiento epóxico tenemos: HSLA 1011 Gr-50: 0,0097 mm/año, para el acero ASTM A-500: 0,0139 mm/año y para el acero ASTM A-500 galvanizado 0,0056 mm/año, que en algunos de los casos tienden a semejarse a un recubrimiento Epóxico.

- De acuerdo al diagrama de Pareto obtenido en el análisis estadístico para placas planas se concluye que los efectos principales que afectan en la tasa de corrosión son: el sistema de limpieza con un valor mínimo de 0,0194069 mm/año para SSPC SP-5 y con un valor máximo de 0,0542784 mm/año para SSPC SP-3, en el sistema de recubrimiento donde el anticorrosivo es aquel que tiene el valor más elevado de tasa de corrosión 0,0541867 mm/año, mientras que el sistema epóxico es el que posee la menor tasa de corrosión de 0,0194986 mm/año y por último el tipo de material que especifica que el acero ASTM A-500 es el que más se afecta en relación a la corrosión 0,0492338 mm/año, seguido por el acero ASTM A-500 galvanizado 0,0407811 mm/año y por último el acero HSLA 1011 Gr-50 de 0,0205130 mm/año.

- Para las placas soldadas el diagrama de Pareto indica que los factores principales son: el sistema de recubrimiento anticorrosivo es 0,0964827 mm/año, mientras que para el sistema epóxico se tiene un valor mínimo de 0,0105554 mm/año, el tipo de junta que mayormente se ve afectada es la soldadura a filete 0,0645919 mm/año, mientras que las probetas de soldadura a tope tiene un valor mínimo de 0,0424462 mm/año, otra característica importante es que en el tiempo de 480 horas de ensayo

se observa una reducción del valor de tasa de corrosión a 0,0464208 mm/año, mientras que para el tiempo de 280 horas tiene un valor alto de corrosión de 0,0606173 mm/año lo que sugiere que sigue el comportamiento teórico de la corrosión en donde los valores más elevados se producen al inicio de las exposición y a transcurrir el tiempo estos tienden a estabilizarse.

- Mediante el análisis del microscopio electrónico de barrido (SEM) a las probetas más críticas, donde se tenía niveles elevados de corrosión se observa que las estructuras típicas de la capa superficial de herrumbre son: Goetita cristalina de estructuras acirculares, Goetita semi-cristalina de forma bolas de algodón, Lepidocrocita de láminas finas, Lepidocrocita en glóbulos cristalinos y Akaganeita de cristales tubulares.

5.1.2.- Recomendaciones:

- Realizar una planificación adecuada del ensayo, de manera que no se vea interrumpido el tiempo de exposición de las probetas y pueda continuar con total normalidad hasta cumplir el tiempo final establecido.

- Partir desde la caracterización de los materiales a ensayar con el objetivo de verificar que son los que se desean experimentar y cumplen con las especificaciones técnicas establecidas en sus respectivas normas.

- Durante la preparación de las probetas identificarlas de forma adecuada de tal manera que al aplicar la limpieza superficial o el recubrimiento no llegue a cambiarse de grupo alterando los resultados.

- Cumplir con los tiempos de secado y de repintado del sistema de recubrimiento epóxico de manera que tenga una buena adherencia entre capas y entre capa y sustrato (material base).

- Realizar las mediciones de los componentes químicos de la mezcla salina de manera que cumpla con el valor de pH, conductividad y gravedad específica, requeridos para el ensayo en la cámara de niebla salina.

- Realizar la liberación de los componentes utilizados para el ensayo de cámara de niebla salina como lo son: agua destilada tipo IV y cloruro de calcio, estos deberán cumplir las especificaciones de las normas ASTM D 1193 y ASTM B 117.

- Verificar el funcionamiento del equipo a diario así como también monitorear las condiciones del ensayo y realizarlo una vez por día comprobando los parámetros de temperatura de la cuba, temperatura de la solución recolectada, volumen de la solución recolectada, ph de la solución recolectada y la gravedad específica.
- Una vez que las probetas han culminado su tiempo de exposición en la cámara de niebla salina se las procede a la limpieza de las mismas utilizando agua tipo IV, y dejarlas que se sequen durante un tiempo, ya que estas tienden a absorber humedad generando un incremento de peso en vez de disminuir el mismo, causando errores en las lecturas de la masa final de la probeta.
- Verificar que los resultados obtenidos en el desarrollo teórico del análisis estadístico DOE sean similares a los realizados en un software de preferencia.
- Cumplir con la normalidad de los datos para los siguientes cálculos de verificación de hipótesis.
- Es importante poder determinar la normalidad de los datos, que nos indica la veracidad de los mismos, para poder desarrollar un análisis estadístico adecuado determinando la validez de la hipótesis planteada en la investigación.

CAPÍTULO VI

Propuesta

“DESARROLLO DE REDES NEURONALES PARA VERIFICACIÓN DE TASAS DE CORROSIÓN PARA UN ENSAYO DE CÁMARA DE NIEBLA SALINA Y SU PROGRESIÓN PARA ESTIMACIÓN DE TASAS DE CORROSIÓN EN TIEMPOS MÁXIMOS DE 2000 HORAS”

6.1.- Datos informativos

Una vez que se ha concluido con los análisis teóricos y estadísticos de las probetas de diferente material, las tasas de corrosión tanto para probetas planas como para probetas en donde se ha realizado juntas soldadas a filete y tope con sus respectivos sistemas de limpieza y recubrimientos, se ha logrado conocer que aquellos factores principales que influyen en tener una mayor tasa de corrosión son la limpieza superficial que se realiza mediante limpieza manual – mecánica debido a que esta no genera una buena adherencia del recubrimiento con el acero, mientras que el recubrimiento que se degenera rápidamente es el Anticorrosivo Stop Mate Cromato de Zinc. Caso contrario sucede con las probetas en donde se han realizado una limpieza SSPC SP-5 generando un perfil de anclaje de manera que se tenga una buena adherencia del recubrimiento que para este caso se lo considera al Epóxico + poliuretano, en estas condiciones las probetas en los mejores de los casos no llegan a generar corrosión alguna, lo que significa que el recubrimiento está proporcionando una adecuada protección entre el material base y la atmósfera corrosiva de la cámara de niebla salina.

La generación de las redes neuronales artificiales constituye un aporte trascendental debido a que mediante la tecnología se pueden crear modelos computacionales que permitan replicar de manera simplificada lo que sucede durante un ensayo real práctico en la CNS, sin generar gastos significativos como ocurre al exponer las probetas al ambiente salino generada por el equipo.

6.2.- Antecedentes de la propuesta

Como ya son conocidos los valores teóricos de las tasas de corrosión, las propiedades físicas del material y las condiciones ambientales de la cámara de corrosión, valores que pueden ser tomados de los capítulos anteriores, se propone la creación de unas redes neuronales artificiales con un modelo predictivo computacional en MATLAB, en donde nos permita obtener los valores de tasa de corrosión y su respectiva progresión para estimar valores en un intervalo de 2000 horas como si se ensayara en la cámara de niebla salina.

6.3.- Justificación

Lograr predecir tasas de corrosión sin realizar un ensayo destructivo del material donde se inmiscuye tiempo, recursos económicos, recursos materiales y recurso humano es uno de los objetivos y metas que como estudiantes del nuevo milenio debemos lograr, de manera que sean resultados que presenten errores mínimos y que mediante el uso de nuevas tecnologías se puedan generalizar a partir de resultados de ejemplos anteriores para los resultados de nuevos ejemplos.

En los últimos tiempos el uso de las redes neuronales artificiales nos ha permitido aplicarlas prácticamente a cualquier situación en las cuales existe una relación entre las variables dependientes e independientes, ya que estas permiten identificar patrones o tendencias en los datos de los cuales desarrollan casos de predicción o pronóstico. Es por ello la importancia de desarrollar una red que nos permita estimar tasas de corrosión y pronosticar datos a futuro del comportamiento de los aceros y recubrimientos sin que se tenga que realizar un ensayo real y poder verificar los resultados obtenidos en el ensayo de cámara de niebla salina, determinando el porcentaje de error que existe entre dichos valores.

En la actualidad se encuentra en auge la utilización de este tipo de herramientas ya que estas parten de un conjunto de datos de entrada suficientemente significativos de manera que la red aprenda automáticamente las propiedades deseadas que son las variables de salida.

Se justifica el diseño de herramienta por cuanto se posee los datos que se consideraran como variables de entrada y datos para validar las neuronas que son

las variables de salida. Adicional no requiere de un gasto excesivo debido a que se utiliza un equipo de cómputo para poder construir, entrenar y predecir tasas de corrosión que son la variables de salida.

6.4.- Objetivos

6.4.1.- Objetivo general

Desarrollar un conjunto de redes neuronales cuyo propósito sea permitir la obtención de los valores de tasas corrosión, de manera que se pueda verificar los datos obtenidos en el ensayo de cámara de niebla salina.

6.4.2.- Objetivos específicos

- Identificar cuáles son las variables de entrada que debe tomar la red neuronal.
- Entrenar una red multicapa empleando el algoritmo de retropropagación (backpropagation)
- Generar respuestas razonables de la red cuando se presenten nuevos datos mediante la propiedad de inferencia.

6.5.- Análisis de factibilidad

La propuesta es factible para poder ejecutarse debido a que se posee del software requerido para el diseño de la red neuronal artificial, los datos de las variables de entrada y salida y el resto de recursos como el bibliográfico se pueden conseguir de manera fácil, están disponibles y a la mano del investigador.

El desarrollo de la red neuronal artificial es factible por cuanto el dominio de software facilita la creación de la propuesta de una manera oportuna, para este caso en específico se utilizará una red neuronal artificial de retro-propagación de dos capas (una capa oculta y otra capa de salida) que genere un buen desempeño, esta deberá poseer una función de transferencia en la capa oculta “logarítmica – sigmoide” cuyos valores estarán entre cero y uno, mientras que para la capa de salida la función de transferencia dará como resultado valores positivos que en este caso son valores de tasa de corrosión. De igual manera se cuenta con la bibliografía necesaria de trabajos anteriores que en otros países han desarrollado

6.6.- Fundamentación

Una parte de la fundamentación de la propuesta ya se la presento en los capítulos anteriores II, IV y V, donde se encuentran tabulados los valores reales del ensayo de tasa de corrosión al finalizar el ensayo de niebla salina, pero a continuación se va a describir sobre el funcionamiento de una red neuronal la cual se va a aplicar para el desarrollo de la propuesta.

6.6.1.- Redes neuronales

Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) se encuentran inspiradas en la biología, de modo que se comportan de forma análoga a las neuronas (en las funciones más elementales) y están organizadas de una forma similar a la del cerebro. [27]

Las características fundamentales de las RNA son:

- **Aprenden de la experiencia:** Las RNA pueden modificar su comportamiento como respuesta a su entorno. Dado un conjunto de entradas (quizá con las salidas deseadas), las RNA se ajustan para producir respuestas consistentes. [27]
- **Generalizan de ejemplos anteriores a los ejemplos nuevos:** Una vez que la RNA esté entrenada, la respuesta de la red puede ser, hasta un cierto punto, insensible a pequeñas variaciones en las entradas, lo que las hace idóneas para el reconocimiento de patrones. [27]

6.6.2.- Ventajas de las redes neuronales

Ventajas de las RNA frente a otros sistemas de procesamiento de información son:

- Las RNA pueden sintetizar algoritmos a través de un proceso de aprendizaje.
- Para utilizar la tecnología neural no es necesario conocer los detalles matemáticos. Sólo se requiere estar familiarizado con los datos del trabajo.
- La solución de problemas no lineales es uno de los fuertes de las RNA.
- Las RNA son robustas, pueden fallar algunos elementos de procesamiento pero la red continúa trabajando; esto es contrario a lo que sucede en programación tradicional.[28]

6.6.3.- Las desventajas de las redes neurales son:

- Las RNA se deben entrenar para cada problema. Además, es necesario realizar múltiples pruebas para determinar la arquitectura adecuada. El entrenamiento es largo y puede consumir varias horas de la computadora (CPU).
- Debido a que las redes se entrenan en lugar de programarlas, éstas necesitan muchos datos. [28]
- Para añadir nuevo conocimiento es necesario cambiar las iteraciones entre muchas unidades para que su efecto unificado sintetice este conocimiento.

6.6.4.- Redes de capa simple

A pesar de que una sola neurona puede realizar modelos simples de funciones, su mayor productividad viene dada cuando se organizan en redes. La red más simple es la formada por un conjunto de perceptrones a los que entra un patrón de entradas y proporcionan la salida correspondiente. Por cada perceptrón que tengamos en la red vamos a tener una salida, que se hallará como se hacía con un perceptrón solo, haciendo el sumatorio de todas las entradas multiplicadas por los pesos. Al representar gráficamente en la Figura 6.1 una red, se añade una "capa" inicial que no es contabilizada a efectos de computación, solamente sirve para distribuir las entradas entre los perceptrones. La denominaremos la capa 0. De esta manera, la representación gráfica de una red de capa simple sería la siguiente [27]:

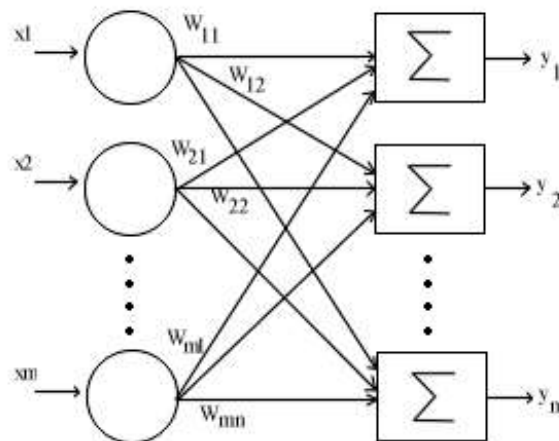


Fig. 6.1.- Red neuronal artificial de capa simple

Fuente: [26]

6.6.5.- Redes de retropropagación

La red de Back-propagation trabaja bajo aprendizaje supervisado por lo que necesita un conjunto de instrucciones de entrenamiento que describa cada salida y su valor ver en la Figura 6.2, esta realiza la labor actualización de pesos y ganancias con base al error medio cuadrático. [28]

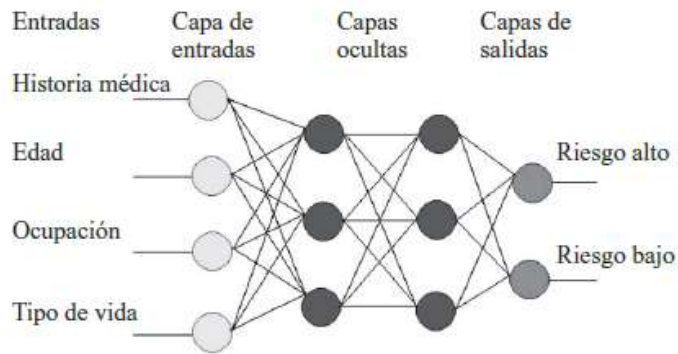


Fig. 6.2.- Red neuronal artificial de retropropagación

Fuente: [27]

Durante el aprendizaje de la red se entrena un conjunto de datos que son las señales de entrada X_1 y X_2 , asignadas con objetivos correspondientes denominados Z (salidas deseadas). Conociendo que el entrenamiento es un proceso iterativo en donde cada peso de los nodos se modifica usando nuevos datos para el entrenamiento. Las modificaciones de los pesos se calculan empleando el algoritmo de retro-propagación. [28]

6.6.6.- Entrenamiento de redes neuronales: mejorando el gradiente descendiente

El procedimiento para realizar el proceso de aprendizaje de una neurona artificial se denomina entrenamiento. El Descenso de Gradiente es el más utilizado debido a su facilidad y extensión de uso. Se inicia este proceso formalizando el problema del aprendizaje que consiste en la minimización de la función del error (o pérdida) asociada, denotada por la letra f . Esta función está compuesta por dos términos, uno que evalúa cómo se ajusta la salida de la neurona al conjunto de datos de que disponemos, y que se denomina como término de error, y otro que se denomina

como término de regularización, y que se utiliza para evitar el sobre aprendizaje por medio del control de la compuerta efectiva de la red neuronal [29].

La función está compuesta por dos términos, uno que ajusta el valor de salida de la red neuronal al que se denomina término de error y el otro que evita el sobreaprendizaje denominado término de regularización. El error depende de los parámetros de la propia red y es no lineal por lo que es difícil encontrar un algoritmo sencillo para encontrar sus valores mínimos, por lo que se hará una búsqueda a través del espacio de parámetros que idealmente se aproxime de forma iterada a un error mínimo de la red para encontrar los parámetros adecuados, esto se gráfica en la Figura 6.3 [29].

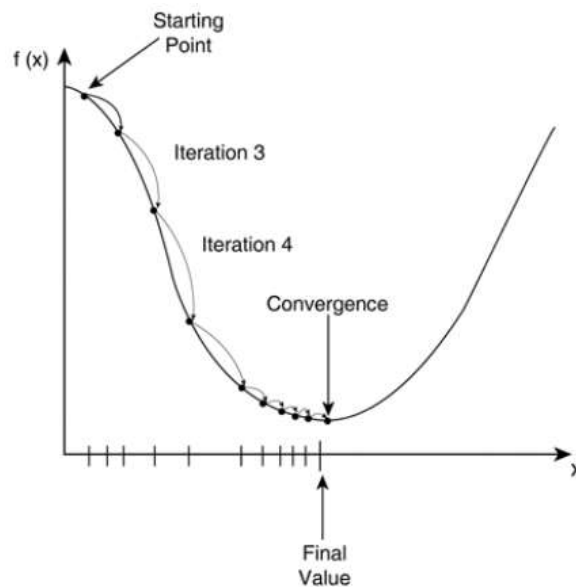


Fig. 6.3.- Red neuronal artificial de retro-propagación
Fuente: Entrenamiento de Redes Neuronales

6.7.- Metodología

6.7.1.- Red Neuronal HSLA 1011 Gr - 50

Las variables de entrada que se establecieron para la generación de la red neuronal se las clasifican por cada uno de los factores establecidos en el ensayo del acero HSLA 1011 Gr – 50 para las 4 horas a las cuales se las expuso en la cámara de niebla salina, se presenta en la Tabla 6.1.



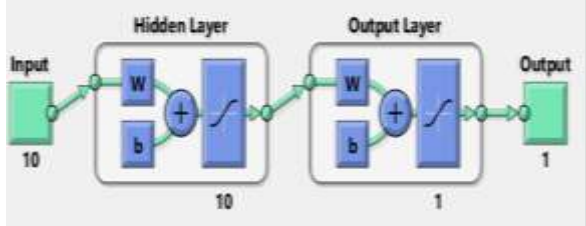
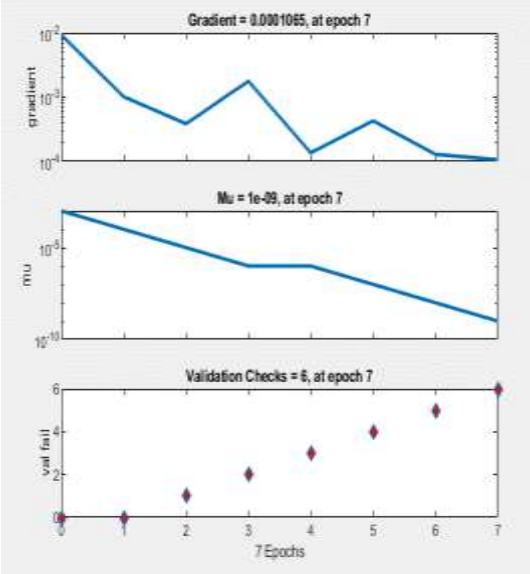
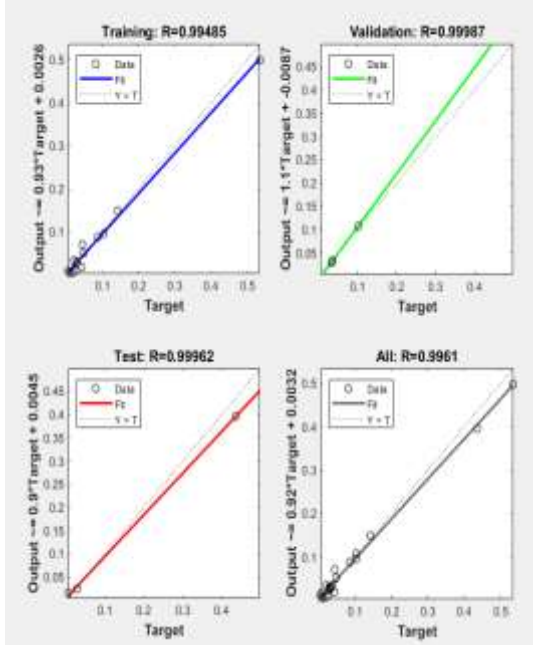
Tabla 6.1.- Variables de entrada para el acero HSLA 1011 Gr-50

V A R I A B L E S	Variables	Valor 1	Valor 2	Valor 3	Valor 4
	Tiempo	Horas	200	280	380	480
C O N S T A N T E S	conductividad	2	2	2	2
	PH	6,21	6,21	6,21	6,21
	Temperatura del control de la solución	22,5	22,5	22,5	22,5
	Gravedad Específica	1,033	1,033	1,033	1,033
	Temperatura de la cuba	35	35	35	35
	Constante k	87600	87600	87600	87600
	Densidad	7,86	7,86	7,86	7,86
P R O B E T A S	Aréa	40,99	42,14	41,91	42,513
	Espesor Inicial	2,06	2,13	2,18	2,16
	SALIDA: Tasa de Corrosión mm/año	0,408	0,0305	0,0884	0,015
P R O B E T A S	Aréa	42,28	42,19	43,42	42,63
	Espesor Inicial	2,28	2,32	2,42	2,51
	Tasa de Corrosión mm/año	0,0132	0,0166	0,030272	0,0136
P R O B E T A S	Aréa	41,98	42,38	42,92	41,782
	Espesor Inicial	2,23	2,37	2,34	2,51
	Tasa de Corrosión mm/año	0,0067	0,0164	0,0137	0,0014
P R O B E T A S	Aréa	42,68	42,39	42,35	42,32
	Espesor Inicial	2,2	2,23	2,45	2,35
	Tasa de Corrosión mm/año	0,0066	0,0139	0,0139	0,0097
P R O B E T A S	Aréa	41,16	41,95	41,57	41,312
	Espesor Inicial	1,67	2,04	2,1	2,1
	Tasa de Corrosión mm/año	0,1469	0,0742	0,0174	0

Fuente: Autor

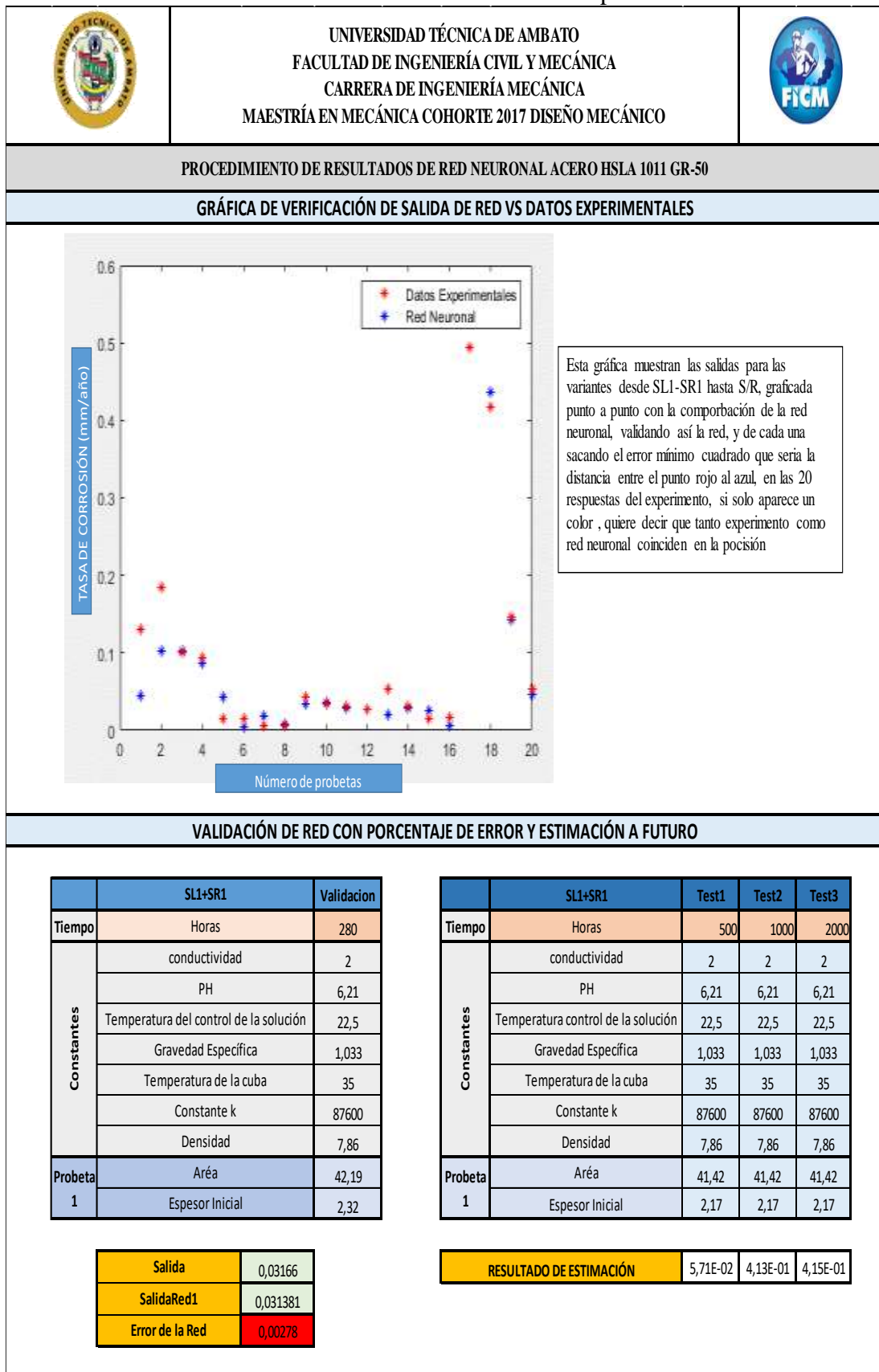
6.7.2.- Funcionalidad red neuronal “acero HSLA 1011 Gr-50”

Tabla 6.2.- Estructura de una red neuronal

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO																									
PROCEDIMIENTO DE RESULTADOS DE RED NEURONAL ACERO HSLA 1011 GR-50																										
ESTRUCTURA DE LA RED NEURONAL																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ESPECIFICACIONES</th> <th>1--Red1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tipo de Red</td> <td>Retropropagación</td> </tr> <tr> <td>Activación de la red</td> <td>Sigmoidal</td> </tr> <tr> <td>Entrenamiento</td> <td>Desenso de Gradiente</td> </tr> <tr> <td>Cálculo de error</td> <td>Error Cuadratico Medio</td> </tr> <tr> <td>Capa ENTRADA</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Capa ESCONDIDA</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Capa SALIDA</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Mínimo gradiente</td> <td>1e0-7</td> </tr> <tr> <td>Objetivo de error</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Iteraciones de entrenamiento</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>falla máxima estimada</td> <td>0,02</td> </tr> </tbody> </table>	ESPECIFICACIONES	1--Red1	Tipo de Red	Retropropagación	Activación de la red	Sigmoidal	Entrenamiento	Desenso de Gradiente	Cálculo de error	Error Cuadratico Medio	Capa ENTRADA	10	Capa ESCONDIDA	10	Capa SALIDA	1	Mínimo gradiente	1e0-7	Objetivo de error	0	Iteraciones de entrenamiento	500	falla máxima estimada	0,02		
ESPECIFICACIONES	1--Red1																									
Tipo de Red	Retropropagación																									
Activación de la red	Sigmoidal																									
Entrenamiento	Desenso de Gradiente																									
Cálculo de error	Error Cuadratico Medio																									
Capa ENTRADA	10																									
Capa ESCONDIDA	10																									
Capa SALIDA	1																									
Mínimo gradiente	1e0-7																									
Objetivo de error	0																									
Iteraciones de entrenamiento	500																									
falla máxima estimada	0,02																									
GRÁFICA DE DESCENSO DE GRADIENTE PARA CÁLCULO DE ERROR Y REGRESIÓN DE LA RED NEURONAL																										
																										

Fuente: Autor

Tabla 6.3.- Datos de salida de red vs datos experimentales



Fuente: Autor

6.7.3.- Red Neuronal Acero ASTM A-500

Las variables de entrada que se establecieron para la generación de la red neuronal se las clasifican por cada uno de los factores establecidos en el ensayo para el acero ASTM A - 500, se presentan en la Tabla 6.4.



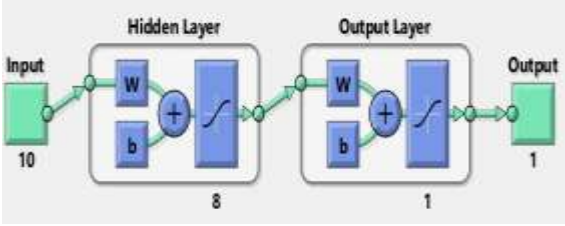
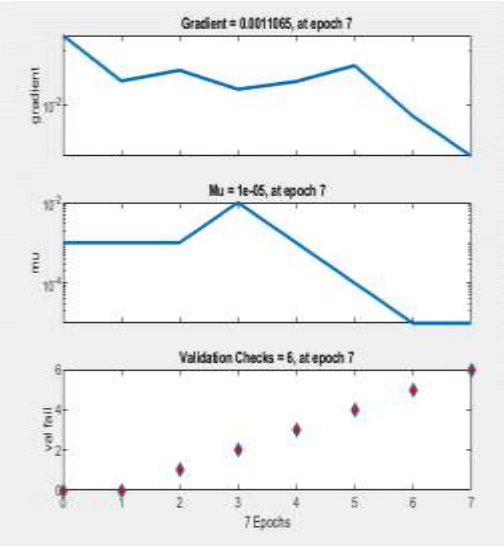
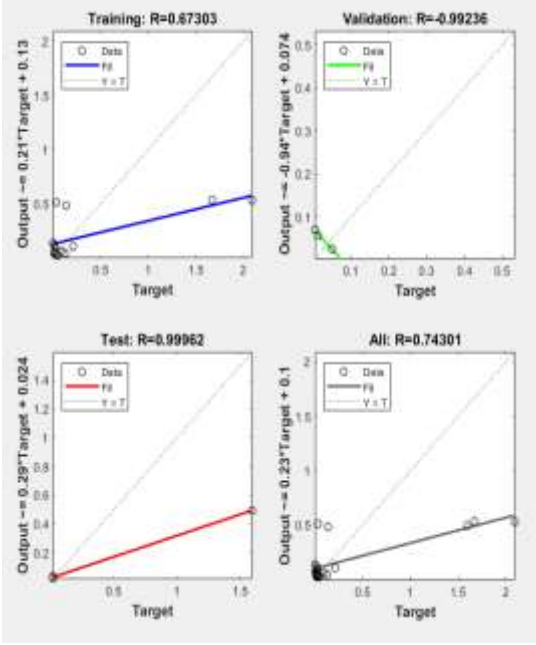
Tabla 6.4.- Variables de entrada para el acero ASTM A – 500

V A R I A B L E S D E E N T R A D A	Variables	Valor 1	Valor 2	Valor 3	Valor 4
	Tiempo	Horas	200	280	380	480
Constantes	conductividad	2	2	2	2
	PH	6,21	6,21	6,21	6,21
	Temperatura del control de la solución	22,5	22,5	22,5	22,5
	Gravedad Específica	1,033	1,033	1,033	1,033
	Temperatura de la cuba	35	35	35	35
	Constante k	87600	87600	87600	87600
	Densidad	7,86	7,86	7,86	7,86
Probeta 1 SL1+SR1	Área	40,13	42,13	42,73	42,513
	Espesor Inicial	1,9	2,01	2,08	2,16
	SALIDA: Tasa de Corrosión mm/año	0,1292	0,0331	0,139	0,2131
Probeta 2 SL1+SR2	Área	40,55	42,19	40,01	42,63
	Espesor Inicial	2,11	2,32	2,35	2,51
	Tasa de Corrosión mm/año	0,051	0,0236	0,0195	0,0056
Probeta 3 SL2+SR1	Área	41,5	41,75	40,79	41,782
	Espesor Inicial	2,19	2,38	2,31	2,51
	Tasa de Corrosión mm/año	0,0193	0,0144	0,0332	0,0482
Probeta 4 SL2+SR2	Área	41,46	42,41	41,01	42,32
	Espesor Inicial	2,37	2,3	2,22	2,35
	Tasa de Corrosión mm/año	0,0167	0,00117	0,0195	0,0139
Probeta 5 S/R	Área	41,16	42,67	41,87	42,32
	Espesor Inicial	1,67	2,07	1,91	2,35
	Tasa de Corrosión mm/año	1,672	2,0923	1,5944	0,092

Fuente: Autor

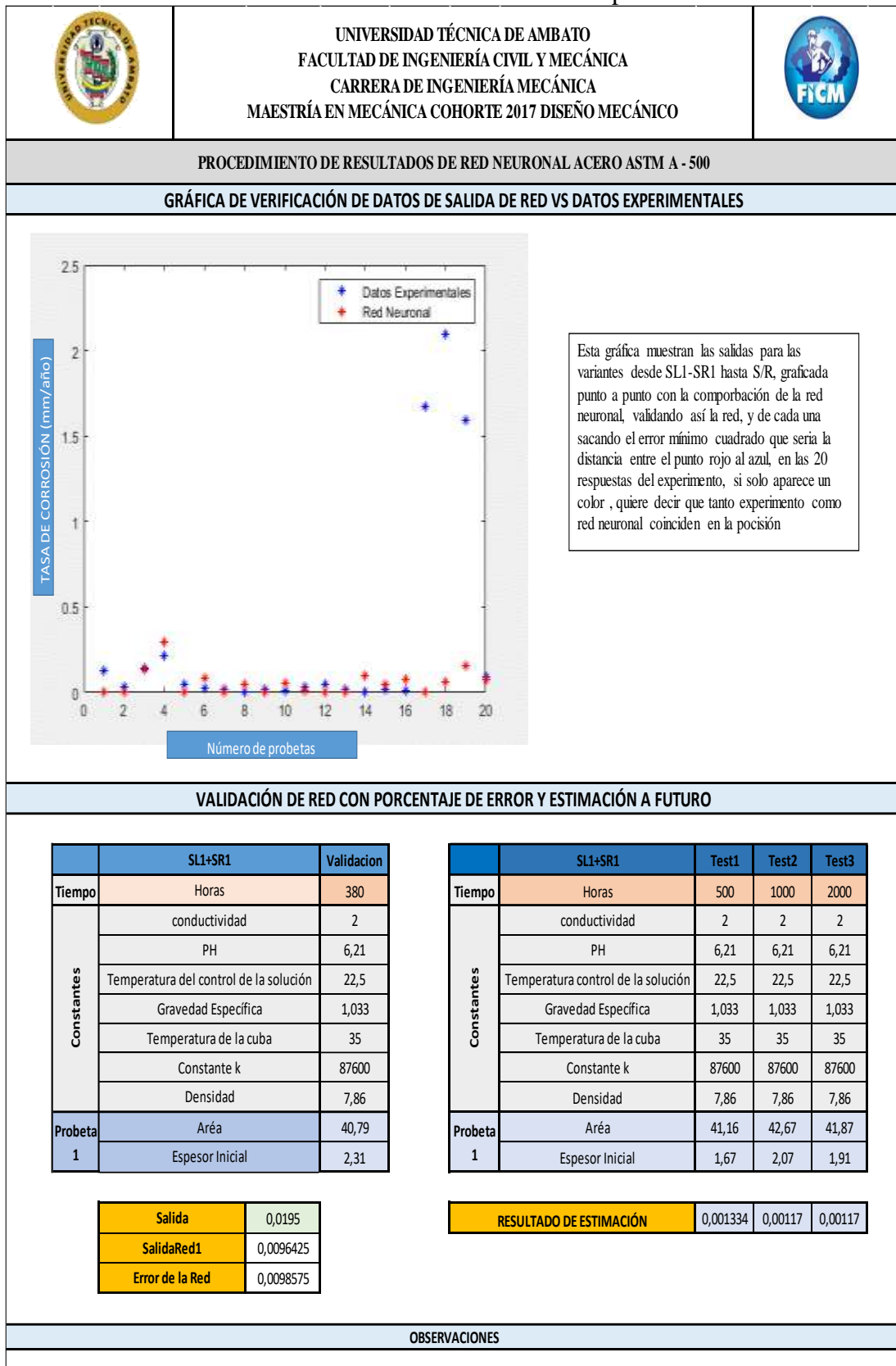
6.7.4.- Funcionalidad red neuronal “acero ASTM A - 500”

Tabla 6.5.- Estructura de una red neuronal

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAestrÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO																									
PROCEDIMIENTO DE RESULTADOS DE RED NEURONAL ACERO ASTM A-500																										
ESTRUCTURA DE LA RED NEURONAL																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ESPECIFICACIONES</th> <th>1--Red1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tipo de Red</td> <td>Retropropagación</td> </tr> <tr> <td>Activación de la red</td> <td>Sigmoidal</td> </tr> <tr> <td>Entrenamiento</td> <td>Desenso de Gradiente</td> </tr> <tr> <td>Cálculo de error</td> <td>Error Cuadrático Medio</td> </tr> <tr> <td>Capa ENTRADA</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Capa ESCONDIDA</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Capa SALIDA</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Mínimo gradiente</td> <td>1e0-7</td> </tr> <tr> <td>Objetivo de error</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Iteraciones de entrenamiento</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>falla máxima estimada</td> <td>0,02</td> </tr> </tbody> </table>	ESPECIFICACIONES	1--Red1	Tipo de Red	Retropropagación	Activación de la red	Sigmoidal	Entrenamiento	Desenso de Gradiente	Cálculo de error	Error Cuadrático Medio	Capa ENTRADA	10	Capa ESCONDIDA	8	Capa SALIDA	1	Mínimo gradiente	1e0-7	Objetivo de error	0	Iteraciones de entrenamiento	500	falla máxima estimada	0,02		
ESPECIFICACIONES	1--Red1																									
Tipo de Red	Retropropagación																									
Activación de la red	Sigmoidal																									
Entrenamiento	Desenso de Gradiente																									
Cálculo de error	Error Cuadrático Medio																									
Capa ENTRADA	10																									
Capa ESCONDIDA	8																									
Capa SALIDA	1																									
Mínimo gradiente	1e0-7																									
Objetivo de error	0																									
Iteraciones de entrenamiento	500																									
falla máxima estimada	0,02																									
GRÁFICA DE DESCENSO DE GRADIENTE PARA CÁLCULO DE ERROR Y REGRESIÓN DE LA RED NEURONAL																										
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%;">  </div> </div>																										
OBSERVACIONES																										

Fuente: Autor

Tabla 6.6.- Datos de salida de red vs datos experimentales



Fuente: Autor

6.7.5.- Red Neuronal Acero ASTM A-500 Galvanizado

Las variables de entrada que se establecieron para la generación de la red neuronal se las clasifican por cada uno de los factores establecidos en el ensayo para el acero ASTM A – 500 Galvanizado, se presenta en la Tabla 6.7.



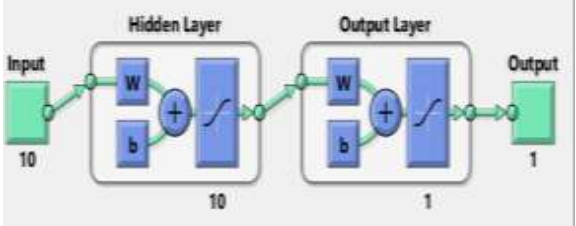
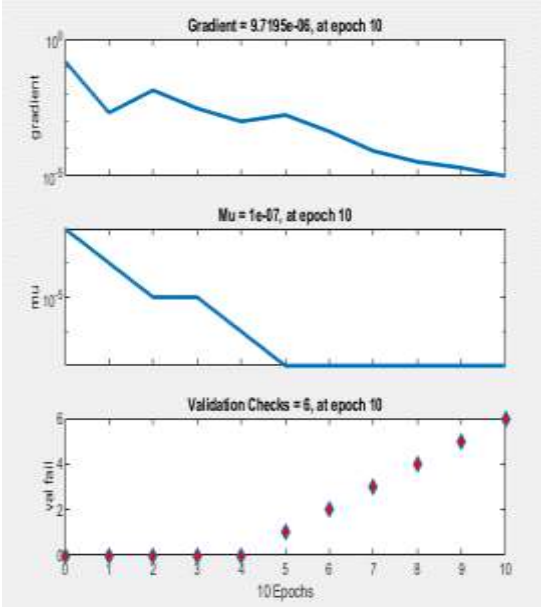
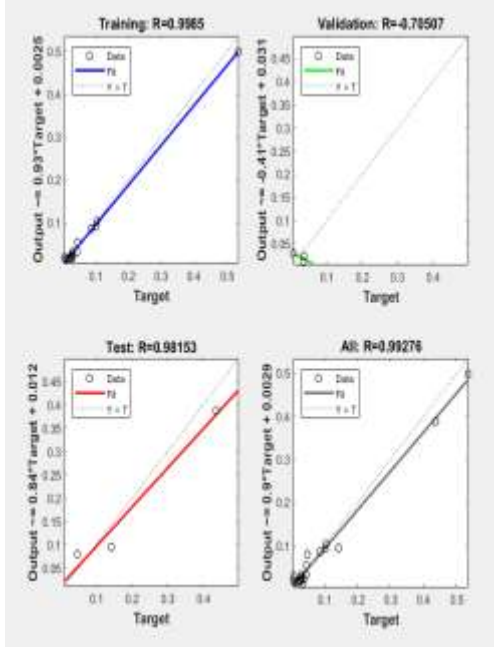
Tabla 6.7.- Variables de entrada para el acero ASTM A – 500 Galvanizado

V A R I A B L E S	E N T R A D A	Variables	Valor 1	Valor 2	Valor 3	Valor 4
		Tiempo	Horas	200	280	380	480
C O N S T A N T E S	C O N S T A N T E S	conductividad	2	2	2	2
		PH	6,21	6,21	6,21	6,21
		Temperatura del control de la solución	22,5	22,5	22,5	22,5
		Gravedad Especifica	1,033	1,033	1,033	1,033
		Temperatura de la cuba	35	35	35	35
		Constante k	87600	87600	87600	87600
		Densidad	7,86	7,86	7,86	7,86
P R O B E T A S	P R O B E T A S	Aréa	41,94	40,71	41,03	41,65
		Espesor Inicial	2,04	2,09	2,03	2,06
		SALIDA: Tasa de Corrosión mm/año	0,0438	0,1016	0,1031	0,0858
P R O B E T A S	P R O B E T A S	Aréa	42,85	41,31	41,8	41,84
		Espesor Inicial	2,37	2,19	2,32	2,37
		Tasa de Corrosión mm/año	0,0426	0,00429	0,0175	0,0085
P R O B E T A S	P R O B E T A S	Aréa	41,6	42,17	42,74	40,42
		Espesor Inicial	2,2	2,37	2,43	2,3
		Tasa de Corrosión mm/año	0,0336	0,0359	0,0291	0,0273
P R O B E T A S	P R O B E T A S	Aréa	41,69	41,84	41,81	41,55
		Espesor Inicial	2,14	2,3	2,19	2,22
		Tasa de Corrosión mm/año	0,0201	0,0286	0,0261	0,0056
P R O B E T A S	P R O B E T A S	Aréa	41,99	40,13	41,31	40,3
		Espesor Inicial	1,88	1,93	1,95	1,96
		Tasa de Corrosión mm/año	0,535	0,4365	0,1418	0,047

Fuente: Autor



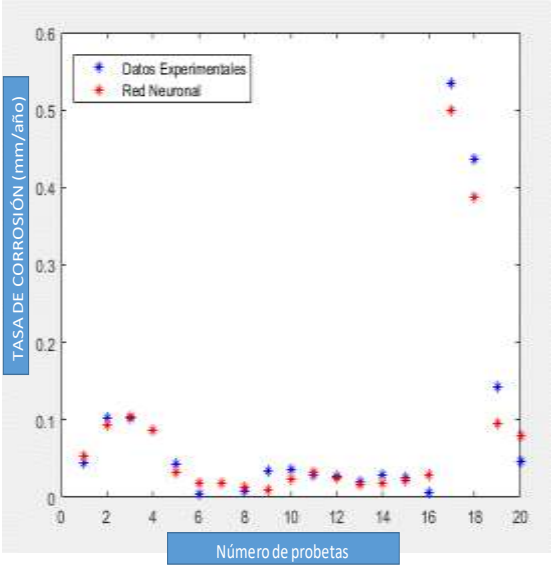
6.7.6.- Funcionalidad red neuronal “acero ASTM A – 500 Galvanizado”

Tabla 6.8.- Estructura de una red neuronal

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO																											
PROCEDIMIENTO DE RESULTADOS DE RED NEURONAL ACERO ASTM A-500 GALVANIZADO																													
ESTRUCTURA DE LA RED NEURONAL																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ESPECIFICACIONES</th> <th>1 --Red1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tipo de Red</td> <td>Retropropagación</td> </tr> <tr> <td>Activación de la red</td> <td>Sigmoidal</td> </tr> <tr> <td>Entrenamiento</td> <td>Desenso de Gradiente</td> </tr> <tr> <td>Cálculo de error</td> <td>Error Cuadrático Medio</td> </tr> <tr> <td>Capa ENTRADA</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Capa ESCONDIDA</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Capa SALIDA</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Mínimo gradiente</td> <td>1e0-7</td> </tr> <tr> <td>Objetivo de error</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Iteraciones de entrenamiento</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>falla máxima estimada</td> <td>0,02</td> </tr> </tbody> </table>		ESPECIFICACIONES	1 --Red1	Tipo de Red	Retropropagación	Activación de la red	Sigmoidal	Entrenamiento	Desenso de Gradiente	Cálculo de error	Error Cuadrático Medio	Capa ENTRADA	10	Capa ESCONDIDA	9	Capa SALIDA	1	Mínimo gradiente	1e0-7	Objetivo de error	0	Iteraciones de entrenamiento	500	falla máxima estimada	0,02				
ESPECIFICACIONES	1 --Red1																												
Tipo de Red	Retropropagación																												
Activación de la red	Sigmoidal																												
Entrenamiento	Desenso de Gradiente																												
Cálculo de error	Error Cuadrático Medio																												
Capa ENTRADA	10																												
Capa ESCONDIDA	9																												
Capa SALIDA	1																												
Mínimo gradiente	1e0-7																												
Objetivo de error	0																												
Iteraciones de entrenamiento	500																												
falla máxima estimada	0,02																												
GRÁFICA DE DESCENSO DE GRADIENTE PARA CÁLCULO DE ERROR Y REGRESIÓN DE LA RED NEURONAL																													
																													
OBSERVACIONES																													

Fuente: Autor

Tabla 6.9.- Datos de salida de red vs datos experimentales

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA MAESTRÍA EN MECÁNICA COHORTE 2017 DISEÑO MECÁNICO																																																																											
PROCEDIMIENTO DE RESULTADOS DE RED NEURONAL ACERO ASTM A - 500 GALVANIZADO																																																																												
GRÁFICA DE VERIFICACIÓN DE DATOS DE SALIDA DE RED VS DATOS EXPERIMENTALES																																																																												
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 45%; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Esta gráfica muestran las salidas para las variantes desde SL1-SR1 hasta S/R, graficada punto a punto con la comprobación de la red neuronal, validando así la red, y de cada una sacando el error mínimo cuadrado que sería la distancia entre el punto rojo al azul, en las 20 respuestas del experimento, si solo aparece un color , quiere decir que tanto experimento como red neuronal coinciden en la posición</p> </div> </div>																																																																												
VALIDACIÓN DE RED CON PORCENTAJE DE ERROR Y ESTIMACIÓN A FUTURO																																																																												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>SL1+SR1</th> <th>Validacion</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tiempo</td> <td>Horas</td> <td>380</td> </tr> <tr> <td rowspan="7">Constantes</td> <td>conductividad</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>PH</td> <td>6,21</td> </tr> <tr> <td>Temperatura del control de la solución</td> <td>22,5</td> </tr> <tr> <td>Gravedad Especifica</td> <td>1,033</td> </tr> <tr> <td>Temperatura de la cuba</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Constante k</td> <td>87600</td> </tr> <tr> <td>Densidad</td> <td>7,86</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Probeta 1</td> <td>Área</td> <td>42,74</td> </tr> <tr> <td>Espesor Inicial</td> <td>2,43</td> </tr> </tbody> </table>		SL1+SR1	Validacion	Tiempo	Horas	380	Constantes	conductividad	2	PH	6,21	Temperatura del control de la solución	22,5	Gravedad Especifica	1,033	Temperatura de la cuba	35	Constante k	87600	Densidad	7,86	Probeta 1	Área	42,74	Espesor Inicial	2,43	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>SL1+SR1</th> <th>Test1</th> <th>Test2</th> <th>Test3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tiempo</td> <td>Horas</td> <td>500</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td rowspan="7">Constantes</td> <td>conductividad</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>PH</td> <td>6,21</td> <td>6,21</td> <td>6,21</td> </tr> <tr> <td>Temperatura control de la solución</td> <td>22,5</td> <td>22,5</td> <td>22,5</td> </tr> <tr> <td>Gravedad Especifica</td> <td>1,033</td> <td>1,033</td> <td>1,033</td> </tr> <tr> <td>Temperatura de la cuba</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Constante k</td> <td>87600</td> <td>87600</td> <td>87600</td> </tr> <tr> <td>Densidad</td> <td>7,86</td> <td>7,86</td> <td>7,86</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Probeta 1</td> <td>Área</td> <td>41,16</td> <td>42,67</td> <td>41,87</td> </tr> <tr> <td>Espesor Inicial</td> <td>1,67</td> <td>2,07</td> <td>1,91</td> </tr> </tbody> </table>		SL1+SR1	Test1	Test2	Test3	Tiempo	Horas	500	1000	2000	Constantes	conductividad	2	2	2	PH	6,21	6,21	6,21	Temperatura control de la solución	22,5	22,5	22,5	Gravedad Especifica	1,033	1,033	1,033	Temperatura de la cuba	35	35	35	Constante k	87600	87600	87600	Densidad	7,86	7,86	7,86	Probeta 1	Área	41,16	42,67	41,87	Espesor Inicial	1,67	2,07	1,91
	SL1+SR1	Validacion																																																																										
Tiempo	Horas	380																																																																										
Constantes	conductividad	2																																																																										
	PH	6,21																																																																										
	Temperatura del control de la solución	22,5																																																																										
	Gravedad Especifica	1,033																																																																										
	Temperatura de la cuba	35																																																																										
	Constante k	87600																																																																										
	Densidad	7,86																																																																										
Probeta 1	Área	42,74																																																																										
	Espesor Inicial	2,43																																																																										
	SL1+SR1	Test1	Test2	Test3																																																																								
Tiempo	Horas	500	1000	2000																																																																								
Constantes	conductividad	2	2	2																																																																								
	PH	6,21	6,21	6,21																																																																								
	Temperatura control de la solución	22,5	22,5	22,5																																																																								
	Gravedad Especifica	1,033	1,033	1,033																																																																								
	Temperatura de la cuba	35	35	35																																																																								
	Constante k	87600	87600	87600																																																																								
	Densidad	7,86	7,86	7,86																																																																								
Probeta 1	Área	41,16	42,67	41,87																																																																								
	Espesor Inicial	1,67	2,07	1,91																																																																								
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Salida</td> <td>0,0291</td> </tr> <tr> <td>SalidaRed1</td> <td>0,032235</td> </tr> <tr> <td>Error de la Red</td> <td>0,0031352</td> </tr> </tbody> </table>	Salida	0,0291	SalidaRed1	0,032235	Error de la Red	0,0031352	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>RESULTADO DE ESTIMACIÓN</td> <td>0,1436</td> <td>0,22005</td> <td>0,22005</td> </tr> </tbody> </table>	RESULTADO DE ESTIMACIÓN	0,1436	0,22005	0,22005																																																																
Salida	0,0291																																																																											
SalidaRed1	0,032235																																																																											
Error de la Red	0,0031352																																																																											
RESULTADO DE ESTIMACIÓN	0,1436	0,22005	0,22005																																																																									
OBSERVACIONES																																																																												

Fuente: Autor

6.8.- ADMINISTRACIÓN

El análisis económico de la propuesta se presenta en la Tabla 6.10 donde se desglosan los rubros utilizados para la elaboración de las redes neuronales artificiales.

Tabla 6.10.- Análisis económico del desarrollo de la investigación

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
		MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017				
		TIPO DE ESTUDIO:		PRUEBA DE CAMPO		
		TIPO DE PRUEBA	GASTOS ECONÓMICOS	Revisión: 01	Pag: 1 de 1	
ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN						
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	
1	Adquisición de Tubo Cuadrado 50X2 mm, HSLA ASTM A1011 Gr 50	3	m	Donación	Donación	
2	Sand Blastado y Recubrimiento superficial Epóxico Poliuretano	390	Probetas	Donación	Donación	
3	Construcción de probetas ensayo a tracción	6	u	12	72	
4	Compra de lijas para ensayo de microestructura	1	u	12	12	
5	Ensayo a tracción de probetas HSLA ASTM A1011 Gr - 50	4	u	17,5	70	
6	Compra de tubo cuadrado ASTM A-500 y ASTM A-500 Galvanizado	2	u	23,44	46,88	
7	Movilización	1	u	92,91	92,91	
8	Compra de recubrimiento anticorrosivo Stop Mate Cromato de Zinc	4	ltr	4,65	18,6	
9	Compra de discos de corte	23	u	1,5	34,5	
10	Alambre ER70S-6 Ø=0,9 mm	5	Kg	4	20	
11	Gas de protección CO2 (1 tanque de 20 Kg)	1	u	20	20	
12	Mano de Obra de soldado, preparado de juntas y pintado de recubrimientos	1	u	200	200	
13	Grata de alambre	2	u	10	20	
14	Cepillo de Alambre	1	u	7	7	
15	Pago de ensayos de Microestructura	5	u	35	175	
16	Pago de ensayo de cámara de niebla salina	480	h	2	960	
17	Compra de mallas de soporte	3	u	15	45	
18	Compra de Aditivos de ensayo para CNS	1	u	690,32	690,32	
19	Informe de ensayo de corrosión y espectrometría	2	u	140	280	
20	Ensayo de Microscopio Electrónico de barrido	3	h	35	105	
21	Desarrollo de redes neuronales	1	h	400	400	
22	SUBTOTAL:				3269,21	
23	IMPREVISTOS:				150	
TOTAL (incluido IVA):				3419,21		
Register by / Registrado por:		Reviewed by / Revisado por:		Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:		Ing. Cristian Guilcaso		Ing. Francisco Peña.		
Position/Cargo:		Investigador		Tutor		
Date/Fecha:		06/11/2019		06/11/2019		

Fuente: Autor

6.9.- PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Una vez terminado con el trabajo de investigación se ha podido llegar a la conclusión de que las probetas que soportan mayor efecto de corrosión son las que pertenecen al acero HSLA 1011 Gr – 50 con los siguientes parámetros: Sistema de limpieza mediante chorro abrasivo el cual deja a la superficie con un perfil de anclaje de 2 mills, generando con ello una mayor adherencia del recubrimiento anticorrosivo Stop Mate Cromato de Zinc, con respecto al acero HSLA 1011 Gr - 50 el valor máximo que alcanza de tasa de corrosión es de 0,0149 mm/año y con respecto a los otros materiales analizados este es el menor valor que se puede encontrar por lo que se recomienda para aplicaciones de estructuras de acero en áreas abiertas con una categoría de corrosividad C3 media “Ambientes industriales y urbanos con un nivel medio de contaminación de dióxido de azufre. Áreas industriales y áreas costeras de baja salinidad”.

El estudio se desarrolló en los laboratorios del Centro de Fomento Metalmecánico Carrocero del Gobierno provincial de Tungurahua para poder desarrollar los ensayos de cámara de niebla salina, ensayos de espectrometría y ensayos de tracción, también se desarrollaron en los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato los ensayos de microestructura y microscopio electrónico de barrido y las instalaciones de la empresa PROLINOX.

La implementación de las redes neuronales para el cálculo de corrosión en primer lugar es un instrumento que nos permite realizar una verificación de los datos ensayados, adicional nos permite estimar valores de tasas de corrosión de acuerdo a las propiedades físicas de las probetas debido a que son las variables que se pueden retroalimentar. Se puede indicar que los valores de error entre la red de entrenamiento y la red de validación deben ser los más cercanos a cero de manera que existiría semejanza entre valores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] HEMPEL, "Directrices para la protección anticorrosiva del acero y superficies metálicas con recubrimientos según la Norma ISO 12944," HEMPEL, Ed., ed, 2015.
- [2] I. d. c. y. protección. Análisis de Fallas por Corrosión [Online].
- [3] P. Gerhardus Koch, FNACE, DNV GL, Dublin Ohio, USA, "International Measures of Prevention, Application and Economics corrosion Technologies Study," *Gretchen Jacobson, NACE International, Houston, Texas, USA* 2016.
- [4] C. A. L. C., "ANÁLISIS DE FALLA POR CORROSIÓN BAJO TENSIÓN EN LA TUBERÍA DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR " 20 de Noviembre 2013.
- [5] "<Degradaciondeaceroestructuralesporlluviaacida-extenso.pdf>."
- [6] "<Corrosión Metálica en Ambientes Exteriores e Interiores en la ciudad de Quito y Esmeraldas.pdf>."
- [7] "<Tesis I. M. 404 - Yopez Intriago Ambar Carolina(1).pdf>."
- [8] C. Cuadro and H. Patricia, "Aceros patinables (Cu, Cr, Ni): Resistencia a la corrosión atmosférica y soldabilidad," 2013.
- [9] D. de la Fuente, B. Chico, and M. Morcillo, "Simulación en laboratorio mediante ensayos de corrosión acelerada de la presencia y contenido en sales solubles en los productos de corrosión atmosférica del acero," 2005, vol. 41, p. 5, 2005-12-17 2005.
- [10] D. J. E. M. Tolama-, "Medición de la velocidad de corrosión en los aceros inoxidables 304 y 316L en medios oxidantes clorurados con la técnica de ruido electroquímico.pdf>," 2006.
- [11] J. D. G. R. William D. Callister, "MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING AND INTRODUCTION," vol. EIGHTH EDITION, ed. United States of America, 2010.
- [12] I. A. Saavedra, "Microaleaciones HSLA " in <http://www.alexandersaavedra.com/2011/05/microaleaciones-hsla.html>, ed, 2011.

- [13] ASME, "Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, Hot-Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy and High-Strength Low-Alloy with Improved Formability1," ed, 2012.
- [14] H. Ackerman., *Metals Handbook. vol 13 Corrosion* 9na ed. vol. 13. United States of America, 1992 by ASM International.
- [15] P. A. Schweitzer, *FUNDAMENTALS OF METALLIC CORROSION* New York: CRC Press Taylor and Francis Group, 2007.
- [16] M. Morcillo, D. d. I. Fuente, I. Díaz, and H. Cano, "Atmospheric corrosion of mild steel," 2011.
- [17] H. P. C. Cuadro, "Aceros patinables (Cu, Cr, Ni): resistencia a la corrosión atmosférica y soldabilidad," TESIS DOCTORAL, FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID, Madrid, 2014.
- [18] R. Baboian, *Corrosion tests and standards: application and interpretation: ASTM international*, 2005.
- [19] C. M. S.A. (2015). *Informe Técnico – Normas SSPC de preparación de superficie.*
- [20] U. ISO, "12944-5, Pinturas y barnices," *Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte*, vol. 5.
- [21] L. E. Dahbura Ramos, "Diseño y construcción de una cámara de niebla salina para ensayos de corrosión," Universidad de el Salvador, 2012.
- [22] D. T. TECHNOLOGY. (2014). *CÁMARAS DE NIEBLA SALINA.*
- [23] ASME, "Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens1," ed, 2012.
- [24] ASME, "Standard Practice for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces1," ed, 2012.
- [25] L. M. Rodríguez, *Corrosividad Atmosférica*, 1999.
- [26] M. F. HUALCAS FALEN, "CATEGORÍAS DE CORROSIVIDAD DE LA CIUDAD DE TRUJILLO-PERÚ 2015/2016, PARA EL ALUMINIO Y COBRE ELECTROLÍTICO," FACULTAD DE INGENIERIA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO, TRUJILLO – PERÚ, 2017.
- [27] R. C. Almeida, "Inteligencia Artificial," 2014.

- [28] P. P. Cruz, *Inteligencia artificial con aplicaciones en la ingeniería*: Alfaomega, 2010.
- [29] F. S. Caparrini, "Entrenamiento de Redes Neuronales: mejorando el Gradiente Descendiente ", ed. <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=165>, 2017.

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y SUBVARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL			
Efecto de la tasa de corrosión sobre el acero ASTM HSLA 1011 Gr-50 y la incidencia de los métodos de aplicación de recubrimientos como aporte para la industria metalmecánica.	Determinar la tasa de corrosión sobre el acero ASTM HSLA 1011 Gr-50 y la incidencia de los métodos de aplicación de recubrimientos como aporte para la industria metalmecánica.	El efecto de la tasa de corrosión disminuye significativamente debido a una buena aplicación de los métodos de recubrimientos que se aplican a la industria metalmecánica.	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>D1: Limpieza superficial (rugosidad)</p> <p>D2: Recubrimiento</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>D1: Tasa de corrosión.</p> <p>D2: Productos de corrosión.</p> <p>Composición de herrumbre</p> <p>VARIABLE INTERVINIENTE:</p> <p>Acero HSLA 1011 Gr-50</p>		<p>Tipo de investigación: (Metodología) Experimental, Aplicada</p> <p>Nivel de investigación: Experimental</p> <p>Técnica de campo: Campo y Observación</p> <p>Población: Métodos de recubrimientos aplicados a los aceros HSLA</p> <p>Muestra: Se realiza mediante factorial obteniendo 148 probetas</p> <p>Instrumento de recolección de datos: Cuaderno de notas</p>

PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS			
La elevada tasa de corrosión producida por una inadecuada limpieza superficial en el acero HSLA 1011 Gr-50	Encontrar cuál de las opciones de recubrimiento proporcionará una mínima tasa de corrosión como resultado de una adecuada limpieza superficial en el acero HSLA 1011 Gr - 50	Se controlará una mínima tasa de corrosión a partir de una adecuada limpieza superficial en el Acero HSLA 1011 Gr-50.		D1;D1	
No conocimiento de los productos de corrosión que se forma al exponerse a un ambiente corrosivo, debido a los inadecuados métodos de aplicación de recubrimientos superficiales en el acero HSLA 1011 Gr-50	Determinar la morfología de la composición de la herrumbre mediante el análisis SEM, que se producen por los inadecuados métodos de aplicación de recubrimientos superficiales en el acero HSLA 1011 Gr-50	Análisis mediante microscopio de barrido electrónico (SEM) de la composición de la herrumbre , producto de los inadecuados métodos de aplicación de recubrimientos superficiales en el acero HSLA 1011 Gr-50		D2; D2	
No utilizar de Normas para determinación de tasa de corrosión una vez aplicado diferentes métodos de recubrimientos y expuestos a un ambiente corrosivo en el acero HSLA 1011 Gr- 50	Emplear Normas para determinación de tasa de corrosión una vez aplicado diferentes métodos de recubrimientos y al finalizar su exposición a un ambiente corrosivo en el acero HSLA 1011 Gr- 50	Las normas ASTM B 117, D610 y G1 son las adecuadas para determinar la tasa de corrosión una vez aplicado diferentes métodos de recubrimientos y al finalizar su exposición a un ambiente corrosivo en el acero HSLA 1011 Gr- 50		D1; D2	
Inexistencia de análisis estadísticos de las tasas de corrosión del	Analizar estadísticamente las tasas de corrosión del acero HSLA 1011 Gr-50 una vez	Generación de análisis estadísticos de las tasas de corrosión del acero HSLA 1011 Gr-50		D1; D2	

ANEXO 2: Norma ASTM D-610



Designation: D610 – 08 (Reapproved 2012)

Society for Protective Coatings
SSPC-VIS-2

Standard Practice for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces¹

This standard is issued under the fixed designation D610; 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. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This practice covers the evaluation of the degree of rusting on painted steel surfaces. The visual examples which depict the percentage of rusting given in the written specifications form part of the standard. In the event of a dispute, the written definition prevails. These visual examples were developed in cooperation with SSPC: The Society for Protective Coatings to further standardization of methods. The photographs can be used to estimate the percentage of other coating defects on various substrates. This standard does not include evaluation of rust propagation around an initially prepared scribe, score, or holiday.

1.2 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Adjunct/SSPC: The Society for Protective Coatings:*

SSPC-VIS 2/ASTM D610 Standard Method of Evaluating Degrees of Rusting on Painted Steel Surfaces²

3. Significance and Use

3.1 The amount of rusting beneath or through a paint film is a significant factor in determining whether a coating system should be repaired or replaced. This practice provides a standardized means for quantifying the amount and distribution of visible surface rust.

3.2 The degree of rusting is evaluated using a zero to ten scale based on the percentage of visible surface rust.

3.3 The distribution of the rust is classified as spot rust, general rust, pinpoint rust or hybrid rust.

4. Interferences

4.1 The visual examples that are part of this practice and the associated rust-grade scale cover only rusting evidenced by visible surface rust.

4.2 The use of the visual examples requires the following cautions:

4.2.1 Some finishes are stained by rust. This staining must not be confused with the actual rusting involved.

4.2.2 Accumulated dirt or other material may make accurate determination of the degree of rusting difficult.

4.2.3 Certain types of deposited dirt that contain iron or iron compounds may cause surface discoloration that should not be mistaken for corrosion.

4.2.4 Failure may vary over a given area. Discretion must therefore be used when selecting a single rust grade or rust distribution that is to be representative of a large area or structure, or in subdividing a structure for evaluation.

4.2.5 The color of the finish coating should be taken into account in evaluating surfaces as failures will be more apparent on a finish that shows color contrast with rust, such as used in these reference standards, than on a similar color, such as an iron oxide finish.

5. Procedure

5.1 Select an area to be evaluated.

5.2 Determine the type of rust distribution using definitions in Table 1 and visual examples in Fig. 1, Fig. 2, and Fig. 3.

5.3 Estimate percentage of surface area rusted using the visual examples in Fig. 1, Fig. 2, and Fig. 3 or SSPC-VIS 2, or both, by electronic scanning techniques or other method agreed upon by contracting parties.

5.4 Do not consider flow of corrosion products onto the surface of intact coating (that is, "rust bleed" or staining) as

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee D01 on Paint and Related Coatings, Materials, and Applications and is the direct responsibility of Subcommittee D01.25 on Evaluation of Weathering Effects.

This practice has been jointly approved by ASTM and SSPC: The Society for Protective Coatings.

Current edition approved Nov. 1, 2012. Published November 2012. Originally approved in 1941. Last previous edition approved in 2008 as D610 – 08. DOI: 10.1520/D0610-08R12.

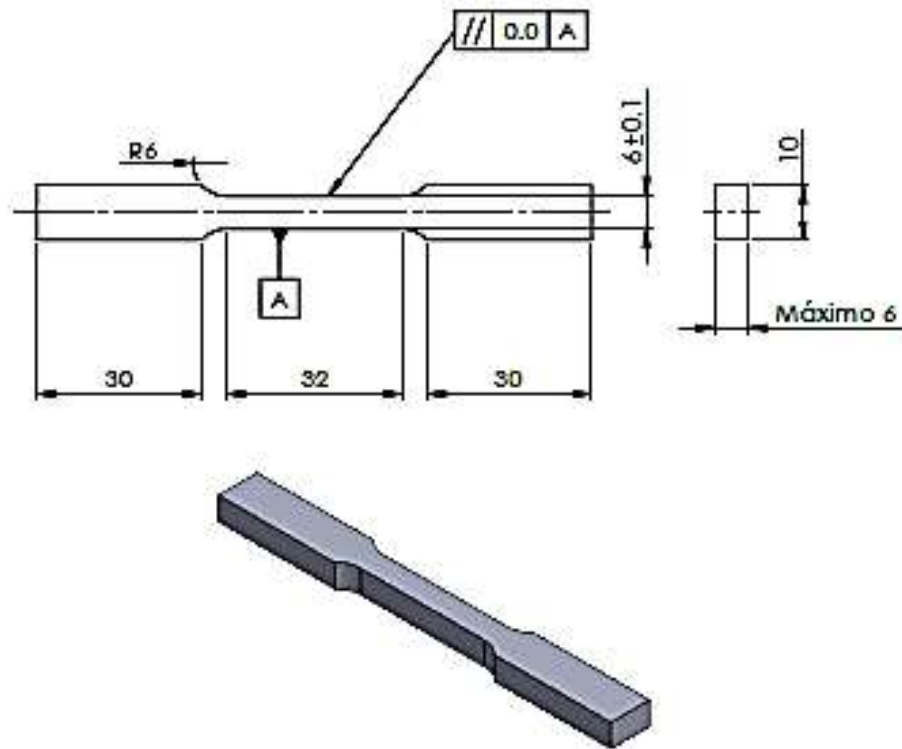
² Colored visual examples are available at a nominal cost from ASTM International Headquarters (request Adjunct AD10D610A), SSPC Publication No. 00-08 from The Society for Protective Coatings (SSPC), 40 24th St., 6th Floor, Pittsburgh, PA 15222-4656, <http://www.sspc.org>.

ANEXO 3: Combinación de interacción: factores - niveles

ITEM	MATERIAL	RECUBRIMIENTO	L. SUP.	H. ENSA YO
1	ACERO HSLA 1011 GR-50	P. EPÓXICA	1	200
2	ACERO HSLA 1011 GR-50	P. EPÓXICA	1	280
3	ACERO HSLA 1011 GR-50	P. EPÓXICA	1	380
4	ACERO HSLA 1011 GR-50	P. EPÓXICA	1	480
5	ACERO HSLA 1011 GR-50	P. EPÓXICA	2	200
6	ACERO HSLA 1011 GR-50	P. EPÓXICA	2	280
7	ACERO HSLA 1011 GR-50	P. EPÓXICA	2	380
8	ACERO HSLA 1011 GR-50	P. EPÓXICA	2	480
9	ACERO HSLA 1011 GR-50	ANTICORROSIVA	1	200
10	ACERO HSLA 1011 GR-50	ANTICORROSIVA	1	280
11	ACERO HSLA 1011 GR-50	ANTICORROSIVA	1	380
12	ACERO HSLA 1011 GR-50	ANTICORROSIVA	1	480
13	ACERO HSLA 1011 GR-50	ANTICORROSIVA	2	200
14	ACERO HSLA 1011 GR-50	ANTICORROSIVA	2	280
15	ACERO HSLA 1011 GR-50	ANTICORROSIVA	2	380
16	ACERO HSLA 1011 GR-50	ANTICORROSIVA	2	480
17	ACERO ASTM A-500	P. EPÓXICA	1	200
18	ACERO ASTM A-500	P. EPÓXICA	1	280
19	ACERO ASTM A-500	P. EPÓXICA	1	380
20	ACERO ASTM A-500	P. EPÓXICA	1	480
21	ACERO ASTM A-500	P. EPÓXICA	2	200
22	ACERO ASTM A-500	P. EPÓXICA	2	280
23	ACERO ASTM A-500	P. EPÓXICA	2	380
24	ACERO ASTM A-500	P. EPÓXICA	2	480
25	ACERO ASTM A-500	ANTICORROSIVA	1	200

26	ACERO ASTM A-500	ANTICORROSIVA	1	280
27	ACERO ASTM A-500	ANTICORROSIVA	1	380
28	ACERO ASTM A-500	ANTICORROSIVA	1	480
29	ACERO ASTM A-500	ANTICORROSIVA	2	200
30	ACERO ASTM A-500	ANTICORROSIVA	2	280
31	ACERO ASTM A-500	ANTICORROSIVA	2	380
32	ACERO ASTM A-500	ANTICORROSIVA	2	480
33	ACERO ASTM A-500 G	P. EPÓXICA	1	200
34	ACERO ASTM A-500 G	P. EPÓXICA	1	280
35	ACERO ASTM A-500 G	P. EPÓXICA	1	380
36	ACERO ASTM A-500 G	P. EPÓXICA	1	480
37	ACERO ASTM A-500 G	P. EPÓXICA	2	200
38	ACERO ASTM A-500 G	P. EPÓXICA	2	280
39	ACERO ASTM A-500 G	P. EPÓXICA	2	380
40	ACERO ASTM A-500 G	P. EPÓXICA	2	480
41	ACERO ASTM A-500 G	ANTICORROSIVA	1	200
42	ACERO ASTM A-500 G	ANTICORROSIVA	1	280
43	ACERO ASTM A-500 G	ANTICORROSIVA	1	380
44	ACERO ASTM A-500 G	ANTICORROSIVA	1	480
45	ACERO ASTM A-500 G	ANTICORROSIVA	2	200
46	ACERO ASTM A-500 G	ANTICORROSIVA	2	280
47	ACERO ASTM A-500 G	ANTICORROSIVA	2	380
48	ACERO ASTM A-500 G	ANTICORROSIVA	2	480

ANEXO 4: Dimensiones de probetas ensayo a atracción



NOTA 5 de la Fig 1 Muestras de Ensayo de Tracción Rectangular
DTA 5-La dimensión T es el espesor de la probeta tal como se establece en las especificaciones de material aplicables. El espesor mínimo de muestras de 40 mm [1.500 pulgadas] de ancho será de 5 mm. El espesor máximo de muestras de 12,5 y 6 mm [0,500 y 0,250 pulgadas] de ancho será de 19 y 6 mm [0,750 y 0,250 pulgadas], respectivamente.

ANEXO 5: Norma ASTM A – 1011



Designation: A 1011/A 1011M – 02

Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, Hot-Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy and High-Strength Low-Alloy with Improved Formability¹

This standard is issued under the final designation A 1011/A 1011M, 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 approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or approval.

1. Scope *

1.1 This specification covers hot-rolled structural, high-strength low-alloy, and high-strength low-alloy with improved formability steel sheet and strip, in coils and cut lengths.

1.2 Hot rolled steel sheet and strip is available in the designations as listed in 4.1.

1.3 This specification is not applicable to the steel covered by Specification A 635/A 635M.

1.4 The values stated in either inch-pound units or SI units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

A 370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products²

A 568/A 568M Specification for Steel, Sheet, Carbon, and High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, General Requirements for²

A 569/A 569M Specification for Steel, Carbon (0.15 Maximum, Percent), Hot-Rolled Sheet and Strip Commercial¹

A 622/A 622M Specification for Drawing Steel (DS), Sheet and Strip, Carbon, Hot-Rolled³

A 635/A 635M Specification for Steel, Sheet and Strip, Heavy-Thickness Coils, Carbon, Hot Rolled²

A 749/A 749M Specification for Steel, Strip, Carbon and High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled, General Requirements for²

A 941 Terminology Relating to Steel, Stainless Steel, Related Alloys, and Ferroalloys⁴

3. Terminology

3.1 *Definitions*—For definitions of other terms used in this specification refer to Terminology A 941.

3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 *aging*—loss of ductility with an increase in hardness, yield strength, and tensile strength that occurs when steel, which has been slightly cold worked (such as by temper rolling) is stored for some time.

3.2.1.1 *Discussion*—Aging also increases the tendency toward stretcher strains and fluting.

3.2.2 *stabilization*—the addition of one or more nitride or carbide forming elements, or both, such as titanium and columbium, to control the level of the interstitial elements carbon and nitrogen in the steel.

3.2.2.1 *Discussion*—Stabilization improves formability and increases resistance to aging.

3.2.3 *vacuum degassing*—a process of refining liquid steel in which the liquid is exposed to a vacuum as part of a special technique for removing impurities or for decarburizing the steel.

4. Classification

4.1 Hot-rolled steel sheet and steel strip is available in the following designations:

4.1.1 Commercial Steel (CS Types A, B, and C).

4.1.2 Drawing Steel (DS Types A and B).

Note 1—CS Type B and DS Type B describe the most common product previously included, respectively, in Specifications A 569/A 569M and A 622/A 622M.

4.1.3 Structural Steel (SS grades 30[205], 33[230], 36[250] Types 1 and 2, 40[275], 45[310], 50[340], and 55[380]).

4.1.4 High-Strength Low-Alloy Steel (HSLAS, classes 1 and 2, in grades 45[310], 50[340], 55[380], 60[410], 65[450], and 70[480]).

4.1.5 High-Strength Low-Alloy Steel with Improved Formability (HSLAS-F grades 50[340], 60[410], 70[480], and 80[550]).

4.1.5.1 HSLAS-F steel has improved formability when compared to HSLAS. The steel is fully deoxidized, made to a fine grain practice, and includes microalloying elements such

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A01 on Steel, Stainless Steel, and Related Alloys and is the direct responsibility of Subcommittee A01.19 on Steel Sheet and Strip.

Current edition approved March 10, 2002. Published April 2002. Originally published as A 1011/A 1011M - 00. Last previous edition A 1011/A 1011M - 01a.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.03.

³ Discontinued, see 2000 Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.03. Replaced by A 1011/A 1011M.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.01.

ANEXO 5.1: Norma ASTM A – 500



Designation: A500/A500M – 13

Standard Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes¹

This standard is issued under the fixed designation A500/A500M; 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. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope^{*}

1.1 This specification covers cold-formed welded and seamless carbon steel round, square, rectangular, or special shape structural tubing for welded, riveted, or bolted construction of bridges and buildings, and for general structural purposes.

1.2 This tubing is produced in both welded and seamless sizes with a periphery of 88 in. [2235 mm] or less, and a specified wall thickness of 0.875 in. [22 mm] or less. Grade D requires heat treatment.

Note 1—Products manufactured to this specification may not be suitable for those applications such as dynamically loaded elements in welded structures, etc., where low-temperature notch-toughness properties may be important.

1.3 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard. The inch-pound units shall apply unless the “M” designation of this specification is specified in the order.

1.4 The text of this specification contains notes and footnotes that provide explanatory material. Such notes and footnotes, excluding those in tables and figures, do not contain any mandatory requirements.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

A370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products

A700 Practices for Packaging, Marking, and Loading Methods for Steel Products for Shipment

A751 Test Methods, Practices, and Terminology for Chemical Analysis of Steel Products

A941 Terminology Relating to Steel, Stainless Steel, Related Alloys, and Ferroalloys

2.2 Military Standards:

MIL-STD-129 Marking for Shipment and Storage³

MIL-STD-163 Steel Mill Products, Preparation for Shipment and Storage³

2.3 Federal Standards:

Fed. Std. No. 123 Marking for Shipment³

Fed. Std. No. 183 Continuous Identification Marking of Iron and Steel Products³

2.4 AIAG Standard:

B-1 Bar Code Symbology Standard⁴

3. Terminology

3.1 *Definitions*—For definitions of terms used in this specification, refer to Terminology A941.

4. Ordering Information

4.1 Orders for material under this specification shall contain information concerning as many of the following items as are required to describe the desired material adequately:

4.1.1 Quantity (feet [metres] or number of lengths),

4.1.2 Name of material (cold-formed tubing),

4.1.3 Method of manufacture (seamless or welded),

4.1.4 Grade (A, B, C, or D),

4.1.5 Size (outside diameter and wall thickness for round tubing, and outside dimensions and wall thickness for square and rectangular tubing),

4.1.6 Copper-containing steel (see Table 1), if applicable,

4.1.7 Length (random, multiple, specific; see 11.3),

4.1.8 End condition (see 16.3),

4.1.9 Burr removal (see 16.3).

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A01 on Steel, Stainless Steel and Related Alloys and is the direct responsibility of Subcommittee A01.09 on Carbon Steel Tubular Products.




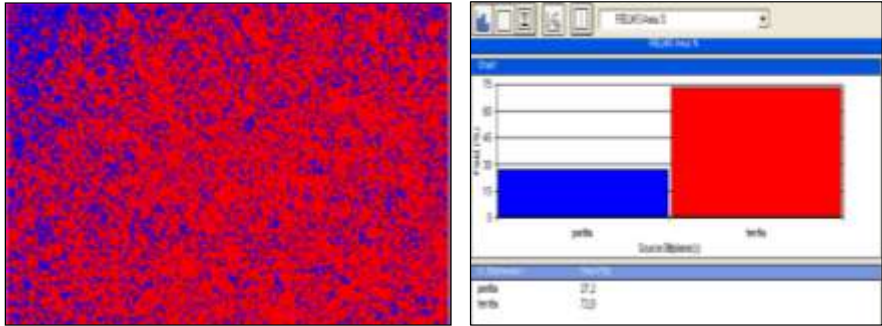
Current edition approved Nov. 1, 2013. Published November 2013. Originally approved in 1964. Last previous edition approved in 2010 as A500/A500M-10a. DOI: 10.1520/A0500_A0500M-13.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on




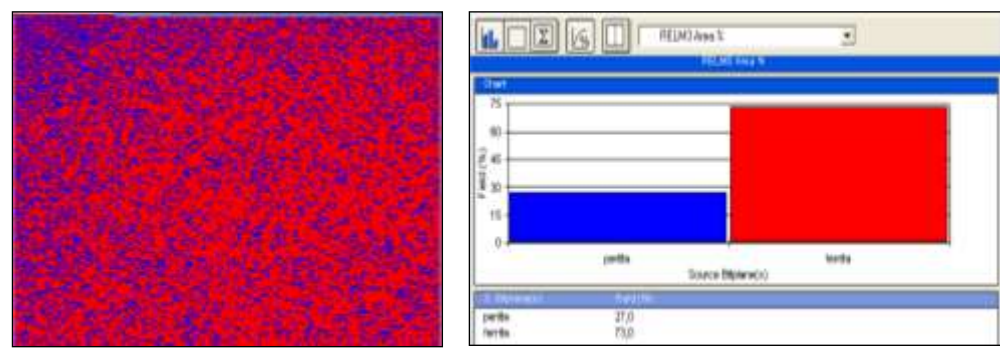
³ Available from Standardization Documents Order Desk, Bldg. 4 Section D, 700 Robbins Ave., Philadelphia, PA 19111-5094, Attn: NPODS.

⁴ Available from Automotive Industry Action Group (AIAG), 26200 Lahar Rd.,




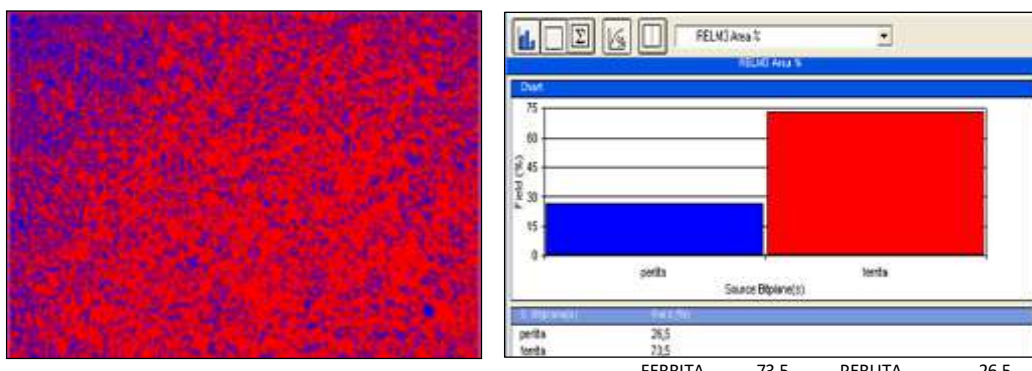
ANEXO 6: Resultados de Metalografía del acero HSLA 1011 GR-50; N: 01

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017			
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO		
TIPO DE PRUEBA	ENSAYO METALOGRÁFICO	Revisión: 01	Pag: 1 de 1	
ESPECIFICACIONES GENERALES				
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE METALOGRAFÍA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM B 112	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA: Plana #: 01
EQUIPO UTILIZADO:	Microscopio Vanguard N267521 de luz fluorescente		MAGNIFICACIÓN:	40 - 400 X FILTRO: 4 Colores
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO				
ACONDICIONAMIENTO DE SUPERFICIE:	Pulido mecánico	Temperatura de pulido:	24 °C	SUPERFICIE PREPARADA EN: Lija: 240, 320, 400, 600 y 1500
ATAQUE QUÍMICO DE SUP. CON:	Nital 4	TIEMPO DE ATAQUE:	10 segundos	T. DE DURACIÓN DEL ENSAYO: 30 min
REGISTRO FOTOGRÁFICO DE MICROESTRUCTURA				
				
40 X 100 X 200 X 400 X				
RESULTADOS OBTENIDOS (ANÁLISIS MEDIANTE SOFTWARE)				
				
FERRITA 72,8 PERLITA 27,2				
PORCENTAJE DE CARBONO: %C	DUREZA BRINELL: HB		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN: Sy (Psi)	
0,223	130,8		65400	
OBSERVACIONES:				
• El material analizado concuerda con el elemento HSLA 1011 GRADO 50.				
	Register by / Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:	
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña. Mg.	
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Tutor	
Date/Fecha:	27/03/2019	27/03/2019	27/03/2019	



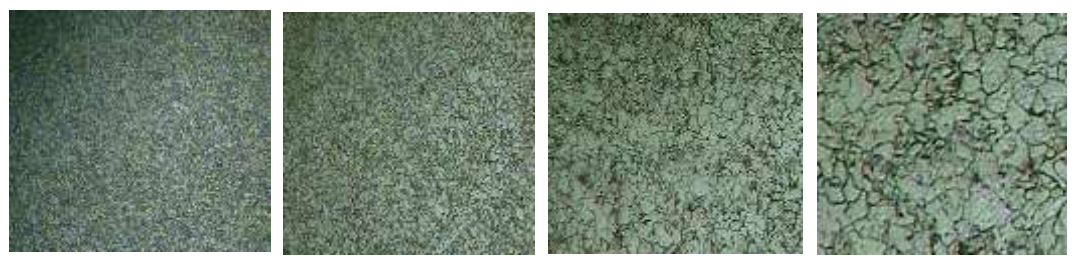
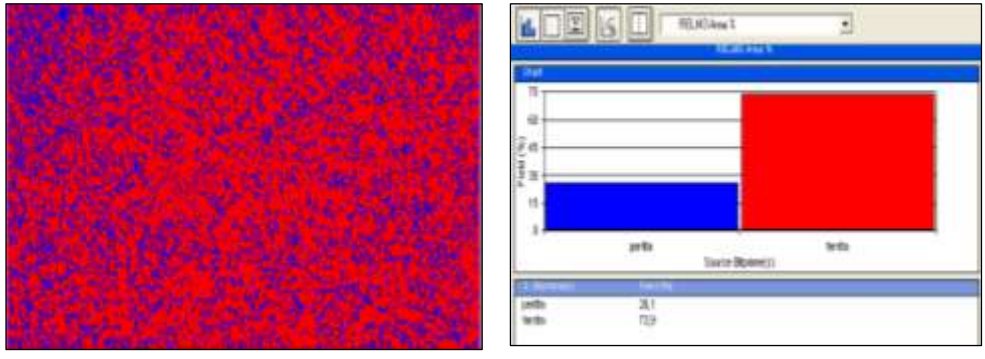
ANEXO 6.1: Resultados de Metalografía del acero HSLA 1011 GR-50; N: 02

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
TIPO DE PRUEBA	ENSAYO METALGRÁFICO	Revisión: 01	Pag: 1 de 1		
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE METALOGRAFÍA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM B112	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana #: 02
EQUIPO UTILIZADO:	Microscopio Vanguard N267521; luz fluorescente		MAGNIFICACIÓN:	40 - 400 X	FILTRO: 4 Colores
PARÁMETROS DEI ENSAYO METALGRÁFICO					
ACONDICIONAMIENTO DE SUPERFICIE:	Pulido mecánico	Temperatura de pulido:	24 °C	SUPERFICIE PREPARADA EN:	Lija: 240, 320, 400, 600 y 1500
ATAQUE QUÍMICO DE SUP. CON:	Nital 4	TIEMPO DE ATAQUE:	10 segundos	T. DE DURACIÓN DEL ENSAYO:	29 min
REGISTRO FOTOGRÁFICO DE MICROESTRUCTURA					
					
<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> 40 X 100 X 200 X 400 X </div>					
RESULTADOS OBTENIDOS (ANÁLISIS MEDIANTE SOFTWARE)					
					
<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> FERRITA 73 PERLITA 27 </div>					
PORCENTAJE DE CARBONO: %C	DUREZA BRINELL: HB		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN: Sy (Psi)		
0,221	130,5		65250		
OBSERVACIONES:					
<ul style="list-style-type: none"> • El material analizado concuerda con el elemento HSLA 1011 GRADO 50. 					
	Register by /Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña. Mg.		
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Tutor		
Date/Fecha:	27/03/2019	27/03/2019	27/03/2019		




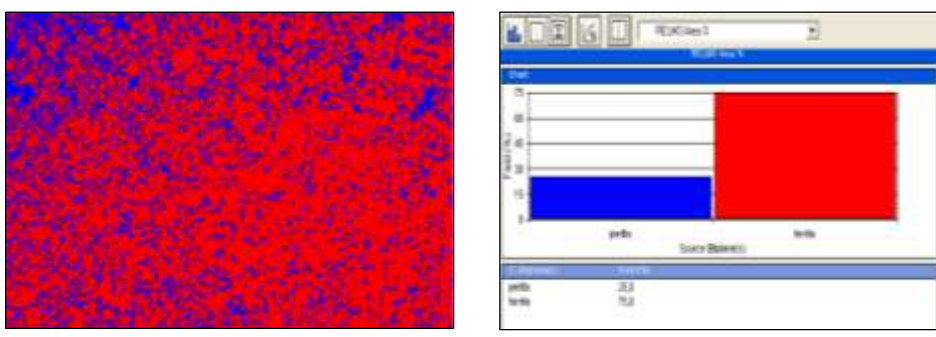
ANEXO 6.2: Resultados de Metalografía del acero HSLA 1011 GR-50; N: 03

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																								
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017																								
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO																							
TIPO DE PRUEBA	ENSAYO METALGRÁFICO	Revisión: 01	Pag: 1 de 1																						
ESPECIFICACIONES GENERALES																									
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE METALOGRAFÍA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																								
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM B112	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana #: 03																				
EQUIPO UTILIZADO:	Microscopio Vanguard N267521; luz fluorescente		MAGNIFICACIÓN:	40 - 400 X	FILTRO: 4 Colores																				
PARÁMETROS DEI ENSAYO METALGRÁFICO																									
ACONDICIONAMIENTO DE SUPERFICIE:	Pulido mecánico	Temperatura de pulido:	24 °C	SUPERFICIE PREPARADA EN:	Lija: 240, 320, 400, 600 y 1500																				
ATAQUE QUÍMICO DE SUP. CON:	Nital 4	TIEMPO DE ATAQUE:	10 segundos	T. DE DURACIÓN DEL ENSAYO:	30 min																				
REGISTRO FOTOGRÁFICO DE MICROESTRUCTURA																									
																									
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> 40 X 100 X 200 X 400 X </div>																									
RESULTADOS OBTENIDOS (ANÁLISIS MEDIANTE SOFTWARE)																									
																									
PORCENTAJE DE CARBONO: %C		DUREZA BRINELL: HB		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN: Sy (Psi)																					
0,218		129,75		64875																					
OBSERVACIONES:																									
<ul style="list-style-type: none"> El material analizado concuerda con el elemento HSLA 1011 GRADO 50. 																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="background-color: yellow;">Register by / Registrado por:</th> <th style="background-color: yellow;">Reviewed by / Revisado por:</th> <th style="background-color: yellow;">Approved by / Aprobado por:</th> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow;">Name/Nombre:</td> <td style="background-color: yellow;">Ing. Cristian Guilcaso</td> <td style="background-color: yellow;">Ing. Cristian Guilcaso</td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow;">Position/Cargo:</td> <td style="background-color: yellow;">Investigador</td> <td style="background-color: yellow;">Investigador</td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow;">Date/Fecha:</td> <td style="background-color: yellow;">27/03/2019</td> <td style="background-color: yellow;">27/03/2019</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="background-color: yellow;">Ing. Francisco Peña. Mg.</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="background-color: yellow;">Tutor</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="background-color: yellow;">27/03/2019</td> </tr> </table>					Register by / Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:	Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Date/Fecha:	27/03/2019	27/03/2019			Ing. Francisco Peña. Mg.			Tutor			27/03/2019
Register by / Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:																							
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso																							
Position/Cargo:	Investigador	Investigador																							
Date/Fecha:	27/03/2019	27/03/2019																							
		Ing. Francisco Peña. Mg.																							
		Tutor																							
		27/03/2019																							






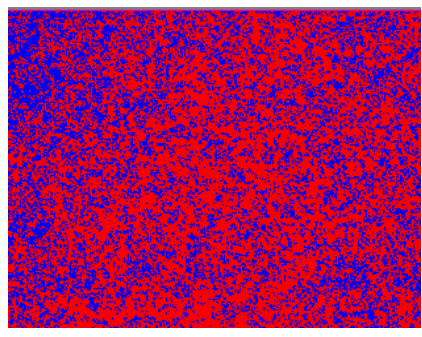
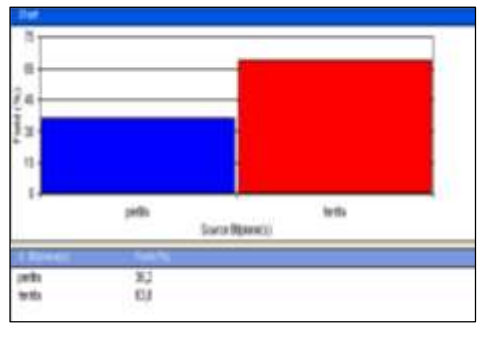
ANEXO 6.3: Resultados de Metalografía del acero HSLA 1011 GR-50; N: 04

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
TIPO DE PRUEBA	ENSAYO METALOGRAFICO	Revisión: 01	Pag: 1 de 1		
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE METALOGRAFÍA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM B112	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana #: 04
EQUIPO UTILIZADO:	Microscopio Vanguard N267521; luz fluorescente		MAGNIFICACIÓN:	40 - 400 X	FILTRO: 4 Colores
PARÁMETROS DEI ENSAYO METALOGRAFICO					
ACONDICIONAMIENTO DE SUPERFICIE:	Pulido mecánico	Temperatura de pulido:	24 °C	SUPERFICIE PREPARADA EN:	Lija: 240, 320, 400, 600 y 1500
ATAQUE QUÍMICO DE SUP. CON:	Nital 4	TIEMPO DE ATAQUE:	10 segundos	T. DE DURACIÓN DEL ENSAYO:	28 min
REGISTRO FOTOGRÁFICO DE MICROESTRUCTURA					
					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> 40 X 100 X 200 X 400 X </div>					
RESULTADOS OBTENIDOS (ANÁLISIS MEDIANTE SOFTWARE)					
					
FERRITA 73,9 PERLITA 26,1					
PORCENTAJE DE CARBONO: %C	DUREZA BRINELL: HB		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN: Sy (Psi)		
0,215	129,15		64575		
OBSERVACIONES:					
• El material analizado concuerda con el elemento HSLA 1011 GRADO 50.					
Name/Nombre:	Register by /Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:		
Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña. Mg.		
Investigador	Investigador	Investigador	Tutor		
Date/Fecha:	27/03/2019	27/03/2019	27/03/2019		

ANEXO 6.4: Resultados de Metalografía del acero HSLA 1011 GR-50; N: 05

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																						
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017																						
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO																					
	TIPO DE PRUEBA:	ENSAYO METALOGRÁFICO	Revisión: 01	Pag: 1 de 1																			
ESPECIFICACIONES GENERALES																							
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE METALOGRAFÍA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																						
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM B112	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana #: 05																		
EQUIPO UTILIZADO:	Microscopio Vanguard N267521; luz fluorescente		MAGNIFICACIÓN:	40 - 400 X	FILTRO: 4 Colores																		
PARÁMETROS DEI ENSAYO METALOGRÁFICO																							
ACONDICIONAMIENTO DE SUPERFICIE:	Pulido mecánico	Temperatura de pulido:	24 °C	SUPERFICIE PREPARADA EN:	Lija: 240, 320, 400, 600 y 1500																		
ATAQUE QUÍMICO DE SUP. CON:	Nital 4	TIEMPO DE ATAQUE:	10 segundos	T. DE DURACIÓN DEL ENSAYO:	30 min																		
REGISTRO FOTOGRÁFICO DE MICROESTRUCTURA																							
																							
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> 40 X 100 X 200 X 400 X </div>																							
RESULTADOS OBTENIDOS (ANÁLISIS MEDIANTE SOFTWARE)																							
																							
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> FERRITA 75 PERLITA 25 </div>																							
PORCENTAJE DE CARBONO: %C		DUREZA BRINELL: HB		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN: Sy (Psi)																			
0,207		127,5		63750																			
OBSERVACIONES:																							
<ul style="list-style-type: none"> El material analizado concuerda con el elemento HSLA 1011 GRADO 50. 																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: yellow;">Register by / Registrado por:</td> <td style="background-color: yellow;">Reviewed by / Revisado por:</td> <td style="background-color: yellow;">Approved by / Aprobado por:</td> </tr> <tr> <td>Name/Nombre:</td> <td>Ing. Cristian Guilcaso</td> <td>Ing. Cristian Guilcaso</td> </tr> <tr> <td>Position/Cargo:</td> <td>Investigador</td> <td>Investigador</td> </tr> <tr> <td>Date/Fecha:</td> <td>27/03/2019</td> <td>27/03/2019</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Ing. Francisco Peña. Mg. Tutor</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>27/03/2019</td> </tr> </table>						Register by / Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:	Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Date/Fecha:	27/03/2019	27/03/2019			Ing. Francisco Peña. Mg. Tutor			27/03/2019
Register by / Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:																					
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso																					
Position/Cargo:	Investigador	Investigador																					
Date/Fecha:	27/03/2019	27/03/2019																					
		Ing. Francisco Peña. Mg. Tutor																					
		27/03/2019																					

ANEXO 6.5: Resultados de Metalografía del acero ASTM A - 500

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
	MAESTRÍA: MECÁNICA MENCIÓN: DISEÑO COHORTE: 2017				
	TIPO DE ESTUDIO:	PRUEBA DE LABORATORIO			
TIPO DE PRUEBA	ENSAYO METALOGRAFICO	Revisión: 01	Pag: 1 de 1		
ESPECIFICACIONES GENERALES					
LUGAR DE EJECUCIÓN:	LABORATORIO DE METALOGRAFÍA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
NORMA DEL ENSAYO:	ASTM E112	TIPO DE ENSAYO:	Cuantitativo	TIPO DE PROBETA:	Plana #: 01 ASTM A- 500
EQUIPO UTILIZADO:	Microscopio Vanguard N267521; luz fluorescente		MAGNIFICACIÓN:	40 - 400 X	FILTRO: 4 Colores
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRAFICO					
ACONDICIONAMIENTO DE SUPERFICIE:	Pulido mecánico	Temperatura de pulido:	24 °C	SUPERFICIE PREPARADA EN:	Lija: 240, 320, 400, 600 y 1500
ATAQUE QUÍMICO DE SUP. CON:	Nital 4	TIEMPO DE ATAQUE:	8 segundos	T. DE DURACIÓN DEL ENSAYO:	30 min
REGISTRO FOTOGRAFICO DE MICROESTRUCTURA					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div>					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> 40 X 100 X 200 X </div>					
RESULTADOS OBTENIDOS (ANÁLISIS MEDIANTE SOFTWARE)					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> FERRITA 63,8 PERLITA 36,2 </div>					
PORCENTAJE DE CARBONO: %C	DUREZA BRINELL: HB		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN: Sy (Psi)		
0,289	144,3		72150		
OBSERVACIONES:					
Se considera un acero ASTM A - 500					
	Register by / Registrado por:	Reviewed by / Revisado por:	Approved by / Aprobado por:		
Name/Nombre:	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Cristian Guilcaso	Ing. Francisco Peña. Mg.		
Position/Cargo:	Investigador	Investigador	Tutor		
Date/Fecha:	14/05/2019	14/05/2019	14/05/2019		

ANEXO 7: NORMA ASTM D - 714



Designation: D714 – 02 (Reapproved 2009)

Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints¹

This standard is issued under the fixed designation D714; 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 approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or approval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This test method employs photographic reference standards to evaluate the degree of blistering that may develop when paint systems are subjected to conditions which will cause blistering. While primarily intended for use on metal and other nonporous surfaces, this test method may be used to evaluate blisters on porous surfaces, such as wood, if the size of blisters falls within the scope of these reference standards. When the reference standards are used as a specification of performance, the permissible degree of blistering of the paint system shall be agreed upon by the purchaser and the seller.

1.2 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Adjuncts:*
Reference Standards for Blistering of Paint Coatings²

3. Significance and Use

3.1 A phenomenon peculiar to painted surfaces is the formation of blisters relative to some system weakness. This test method provides a standard procedure of describing the size and density of the blisters so that comparisons of severity can be made.

4. Reference Standards

4.1 The photographic reference standards are glossy prints.³Figs. 1-4 are reproductions of these standards and are included to illustrate two characteristics of blistering: size and frequency.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D01 on Paint and Related Coatings, Materials, and Applications and is the direct responsibility of Subcommittee D01.25 on Evaluation of Weathering Effects.
Current edition approved July 1, 2009. Published July 2009. Originally approved in 1943. Last previous edition approved in 2002 as D714-02¹. DOI: 10.1520/D0714-02R09.

4.2 *Size*—Reference standards have been selected for four steps as to size on a numerical scale from 10 to 0, in which No. 10 represents no blistering. Blistering standard No. 8 represents the smallest size blister easily seen by the unaided eye. Blistering standards Nos. 6, 4, and 2 represent progressively larger sizes.

4.3 *Frequency*—Reference standards have been selected for four steps in frequency at each step in size, designated as follows:

Dense, D,
Medium dense, MD,
Medium, M, and
Few, F.

NOTE 1—A quantitative physical description of blistering would include the following characteristics determined by actual count:

Size distribution in terms of measurement units,
Frequency of occurrence per unit area,
Pattern of distribution over the surface, and
Shape of blister

For the usual tests, an actual count is more elaborate than is necessary.

5. Procedure

5.1 Subject the paint film to the test conditions agreed upon by the purchaser and the seller. Then evaluate the paint film for the degree of blistering by comparison with the photographic reference standards in Figs. 1-4.

6. Report

6.1 Report blistering as a number (Note 2) designating the size of the blisters and a qualitative term or symbol indicating the frequency.

6.2 Intermediate steps in size or frequency of blisters may be judged by interpolation.

6.3 When the distribution of blisters over the area has a nonuniform pattern, use an additional phrase to describe the distribution, such as "small clusters," or "large patches."

NOTE 2—The number refers to the largest size blister that is numerous enough to be representative of the specimen. For example, photographic standard No. 4, "Dense," has blisters ranging in size from about No. 7 to No. 4, inclusive.

ANEXO 8: NORMA ASTM B - 117



Designation: B 117 – 97

Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus¹

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. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This practice describes the apparatus, procedure, and conditions required to create and maintain the salt spray (fog) test environment. Suitable apparatus which may be used is described in Appendix X1.

1.2 This practice 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.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as standard. The inch-pound units in parentheses are provided for information and may be approximate.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

B 368 Method for Copper-Accelerated Acetic Acid-Salt Spray (Fog) Testing (CASS Test)²

D 609 Practice for Preparation of Cold-Rolled Steel Panels for Testing Paint, Varnish, Conversion Coatings, and Related Coating Products³

D 1193 Specification for Reagent Water⁴

D 1654 Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments⁵

E 70 Test Method for pH of Aqueous Solutions with the Glass Electrode⁶

E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method⁶

G 85 Practice for Modified Salt Spray (Fog) Testing⁷

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee G01 on Corrosion of Metals and is the direct responsibility of Subcommittee G01.05 on Laboratory Corrosion Tests.

Current edition approved Apr. 10, 1997. Published November 1997. Originally published as B 117 – 39 T. Last previous edition B 117 – 95.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 02.05.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 06.01.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 11.01.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.05.

⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

3. Significance and Use

3.1 This practice provides a controlled corrosive environment which has been utilized to produce relative corrosion resistance information for specimens of metals and coated metals exposed in a given test chamber.

3.2 Prediction of performance in natural environments has seldom been correlated with salt spray results when used as stand alone data.

3.2.1 Correlation and extrapolation of corrosion performance based on exposure to the test environment provided by this practice are not always predictable.

3.2.2 Correlation and extrapolation should be considered only in cases where appropriate corroborating long-term atmospheric exposures have been conducted.

3.3 The reproducibility of results in the salt spray exposure is highly dependent on the type of specimens tested and the evaluation criteria selected, as well as the control of the operating variables. In any testing program, sufficient replicates should be included to establish the variability of the results. Variability has been observed when similar specimens are tested in different fog chambers even though the testing conditions are nominally similar and within the ranges specified in this practice.

4. Apparatus

4.1 The apparatus required for salt spray (fog) exposure 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 practice.

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

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

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

4.5 All water used for this practice shall conform to Type IV water in Specification D 1193 (except that for this practice limits for chlorides and sodium may be ignored). This does not

ANEXO 9: Especificación técnica de pintura HEMPADUR MASTIC 45 881

Ficha Técnica HEMPADUR MASTIC 45881



Altas temperaturas 45881: BASE 45888: CURING AGENT 86881

Descripción:	HEMPADUR MASTIC 45881 es un recubrimiento epoxi de capa gruesa de dos componentes con aducto de poliámina y de elevado contenido en sólidos. Forma una película dura y tenaz con excelentes propiedades de humectación.
Uso recomendado:	- Como autoimpriación, sobre superficies no preparadas óptimamente o como capa intermedia o de acabado cuando se requiere un sistema de elevadas prestaciones con un bajo contenido en COV y un elevado grosor de capa. - Recubrimiento muy versátil para especificaciones de mantenimiento incluyendo tanques de lastre y acero nuevo donde no se precise un producto más específico. - Puede especificarse cuando se requieren unos intervalos amplios de repintado para acabados con poliuretano. Puede utilizarse directamente sobre silicato de zinc (GALVOSIL) o superficies metalizadas para minimizar la aparición de burbujas. - Como acabado cuando el factor estético no es relevante.
Temperatura de servicio:	Máximo, exposición en seco: 120°C
Certificados:	Según especificación Aramco APCS1, APCS12, APCS26 y 26T Comprobado como no contaminante de cargas de grano por el Newcastle Occupational Health, Gran Bretaña. Aprobado como retardante del fuego cuando se usa como parte de un sistema previamente definido. Consulte "Declaración of Conformity" en www.Hempel.com para más detalles. Cumple con la Directiva EU 2004/42/EC subcategoría J.
Disponibilidad:	Parte del Surtido del Grupo. Disponibilidad local sujeta a confirmación
DATOS TÉCNICOS:	
Colores	12170* / Gris. (Ver OBSERVACIONES al dorso.)
Acabado	semi brillante
Volumen de sólidos, %:	80 ± 1
Rendimiento teórico:	6.4 m ² /l [256.6 sq.ft./US gallon] - 125 micras.
Punto de inflamación	35 °C [95 °F]
Peso específico	1.5 kg/ltr [12.1 lb/gal EE. UU.]
Secado al tacto	3 hora(s) 30°C
Curado completo	5 día(s) 30°C
Contenido en COV:	218 g/l [1.8 lb/gal EE. UU.]
Estabilidad de almacenaje:	3 años para la BASE y 3 años (25°C) para el CURING AGENT desde la fecha de fabricación. * Extensa gama de colores disponible mediante HEMPEL MULTI-TINT <small>Los valores de las constantes físicas aquí expresados son valores nominales de acuerdo con las fórmulas del grupo Hempel</small>
DETALLES DE APLICACIÓN:	
Versión, producto mezclado:	45881
Proporción de mezcla:	BASE 45888: CURING AGENT 86881 3 : 1 en volumen
Método de aplicación:	Pistola airless / Brocha
Diluyente (vol. máx.):	< 5% HEMPEL'S THINNER 08450, en función del propósito (Ver OBSERVACIONES al dorso.)
Vida de la mezcla (Pistola sin aire)	1.5 hora(s) 30°C
Vida de la mezcla (Brocha)	2 hora(s) 30°C
Boquilla:	0.017 - 0.023 * De acuerdo con las INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN.
Presión:	250 bar [3625 psi]
Limpieza de utensilios:	HEMPEL'S TOOL CLEANER 99610
Espesor recomendado, seco:	125 micras [5 mils] Ver OBSERVACIONES al dorso.
Espesor recomendado, húmedo:	150 micras [6 mils]
Intervalo de repintado, mín	Ver OBSERVACIONES al dorso.
Intervalo de repintado, max.	Ver OBSERVACIONES al dorso.
Seguridad:	Manipular con cuidado. Observar las etiquetas de seguridad en los envases antes y durante el uso. Consultar las Fichas de Datos de Seguridad HEMPEL y seguir las regulaciones locales o nacionales.

ANEXO 10: Especificación técnica de pintura TOPCOAT 55210

Ficha Técnica HEMPATHANE TOPCOAT 55210



66210: BASE 55219: CURING AGENT 95370

Decoripolón HEMPETHANE TOPCOAT 55210 es un esmalte brillante de poliuretano acrílico, de dos componentes curado con isocianato alifático, con una excelente retención de brillo y color.

Uso recomendado: Esmalte de acabado de elevada calidad sobre una gran variedad de sustratos como acero, aluminio, madera, etc, cuando se desea un acabado de elevada calidad en ambientes altamente agresivos.

Temperatura de servicio: Temperatura mínima de curado: -10°C.
Máximo, exposición en seco: 120°C Ver OBSERVACIONES al dorso.

Certificados: Cumple con la European Fire Standard EN 13501-1; clasificación B-s1, d0. Cumple con el Código Técnico de Edificación CTE-DB-S1. Sección S1. Propagación Interior. Apartado 4: Reacción al fuego de los elementos constructivos, decorativos y de mobiliario (ref. techos y paredes). Aprobado como retardante del fuego cuando se usa como parte de un sistema previamente definido. Consulte "Declaration of Conformity" en www.Hempel.com para más detalles. Cumple con la Directiva EU 2004/42/EC subcategoría J.

Disponibilidad Parte del Surtido del Grupo. Disponibilidad local sujeta a confirmación

DATOS TÉCNICOS:

Colores 10000* Blanco.
Acabado brillante
Volumen de sólidos, %: 51 ± 1
Rendimiento teórico: 10.2 m²/l (409 sq.ft./US gallon) - 50 micras.
Punto de inflamación 33 °C (91.4 °F)
Peso específico 1.2 kg/ltr (10.1 lb/gal EE. UU.)
Secado superficial 1 hour 20°C
Seco en profundidad: 8 hora(s) 20°C
Curado completo 7 día(s) 20°C
Contenido en COV: 442 g/l (3.7 lb/gal EE. UU.)
Estabilidad de almacenaje: 3 años para la BASE y 2 años (25°C) para el CURING AGENT desde la fecha de fabricación.
* Extensa gama de colores disponible mediante HEMPEL MULTI-TINT

Los valores de las constantes físicas aquí expresadas son valores nominales de acuerdo con la fórmula del grupo Hempel

DETALLES DE APLICACIÓN:

Versión, producto mezclado: 66210
Proporción de mezcla: BASE 55219: CURING AGENT 95370
7:1 en volumen
Método de aplicación: Pistola airless / Brocha
Diluyente (vol. máx.): Ver OBSERVACIONES al dorso. / 08080 (5%)
Vida de la mezcla: 4 hora(s) 20°C
Boquilla: 0.017 - 0.019 *
Presión: 150 bar (2175 psi) (Los datos de pistola airless son indicativos y sujetos a ajustes)
Limpieza de utensilios: HEMPEL'S THINNER 08080 o 08510
Espesor recomendado, seco: 50 micras (2 mils) Ver OBSERVACIONES al dorso.
Espesor recomendado, húmedo: 100 micras (4 mils)
Intervalo de repintado, min: Ver OBSERVACIONES al dorso.
Intervalo de repintado, max: Ver OBSERVACIONES al dorso.

Seguridad: Manipular con cuidado. Observar las etiquetas de seguridad en los envases antes y durante el uso. Consultar las Fichas de Datos de Seguridad HEMPEL y seguir las regulaciones locales o nacionales.

ANEXO 11: Especificación de pintura anticorrosiva



ANTICORROSIVO STOP MATE CROMATO DE ZINC

REFERENCIAS Y COLORES:

403	Azarcón	414	Rojo Oxido
413	Gris	424	Negro

DESCRIPCION:

Es un producto formulado con resinas y pigmentos anticorrosivos de primera calidad, que brindan protección anticorrosiva contra los agentes atmosféricos en general.

USOS

Como base anticorrosiva (con el acabado final recomendado) para proteger superficies metálicas, como: estructuras, puertas, ventanas, pasamanos, rejas y objetos de uso doméstico expuestos en ambientes interiores o exteriores de climas templados o fríos.

ESPECIFICACIONES

Acabado:	Mate
Secamiento al tacto bajo condiciones normales:	1 a 2 horas
Secamiento para segundas manos:	4 horas
Espesor recomendado película seca:	25 - 38 micrones
Rendimiento teórico (a 25 micrones película seca):	Hasta 10 m ² /litro
Método de aplicación:	brocha o soplete
Disolvente para dilución y lavado de equipos:	Thinner Corriente
Dilución: corriente.	4 partes pintura con 1 de Thinner

NOTA: Para el cálculo del rendimiento práctico se debe tener en cuenta las condiciones atmosféricas, rugosidad de superficie, equipos de aplicación y espesor de película

PREPARACION DE SUPERFICIES

La superficie metálica que está oxidada, se elimina completamente el óxido en forma manual con cepillo de alambre, rasqueta, papel de lija o mecánicamente con cepillo giratorio. El óxido que no se pueda sacar por estos medios se trata con Desoxidante, luego se limpia el metal con una estopa humedecida en disolvente (para eliminar las grasas y otros contaminantes) y se seca muy bien. El grado de limpieza de metales puede estar de acuerdo a la norma SSPC-1, SSPC-2.

ANEXO 12: Ficha técnica del equipo de cámara de niebla salina

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Construcción

- Cámaras construidas en Chapa de Acero Inoxidable AISI 304(18/8), sobre una estructura en Tubo de Acero Inoxidable AISI 304 (18/8). Pintada con pintura acrílica secada al horno en color gris claro según RAL-9010.
- Cuba interior de ensayos construida de una sola pieza en fibra de vidrio y resina de poliéster, conformada en molde y totalmente invulnerable a la atmósfera salina.
- Resistencias calefactoras inyectadas a la cuba, lo que asegura una gran uniformidad en la dispersión del calor.
- Tapa superior indeformable en metacrilato incoloro de 7 mm., de grosor. Su forma de tejado de doble vertiente con una inclinación de 30° por lado hacen que las gotas condensadas se deslicen de forma natural hacia las paredes interiores, evitando el goteo sobre las muestras. La tapa va dotada de un asa que permite una fácil apertura con comodidad, dado su reducido peso, sin necesidad de útiles o equipo auxiliar.
- Cierre estanco de la tapa superior.



- Soporte interior, adosado a las paredes de la cuba interior (en forma de cremallera), para colgar las barras porta muestras.

Sistema de Pulverización

- Nuevo sistema de pulverización con pulverización hacia la parte superior de la cámara que garantiza una distribución uniforme de la niebla salina.
- Diseño desarrollado para reducir el consumo de disolución, aumentando el tiempo máximo de consumo.



- Alimentación de la solución salina mediante bomba de impulsos regulable en velocidad para ajuste de recogida de condensados.
- Sistema de Limpieza del circuito al término del ensayo, mediante electroválvula de aire (dispositivo de purga).

